

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Bezolovnaté pistolové střelivo

Unleaded Pistol Ammunition

Student:

Jiří Fůrst

Vedoucí ročníkové práce:

doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Fürst

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo

Téma:

Bezolovnaté pistolové střelivo

Unleaded Pistol Ammunition

Zásady pro vypracování:

Analyzujte konstrukci a funkci pistolových nábojů s bezolovnatými střelami, proveďte jejich klasifikaci.

Do analýzy zahrňte jak náboje civilní, tak služební (policejní, vojenské). V práci zpracujte tyto úkoly:

1. Obecná charakteristika a rozdělení pistolového střeliva s důrazem na použité materiály
2. Ekologické požadavky kladené na pistolové střelivo a způsoby jejich realizace
3. Olovo, jeho technické a toxické vlastnosti
4. Bezolovnaté pistolové náboje (BPN) – popis konstrukce, funkční vlastnosti, účinky v cíli, obrazová dokumentace (min. 10 nábojů)
5. Výpočet balistických charakteristik BPN
6. Návrh kritéria pro hodnocení ekologických vlastností BPN a vzájemné srovnání nábojů s využitím navrženého kritéria

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 48 s.

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 40 s.

Komenda, J. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*: Ostrava, VŠB - TU Ostrava, 2006, 131 s. ISBN 80-248-1254-1

Časopisy *Střelecká revue*, DWJ

Firemní literatura, internetové stránky předních výrobců pistolového střeliva.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Komenda, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21.05.2012

.....
podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.05.2012

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Füst

Adresa trvalého pobytu autora práce:

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

FURST, J. *Bezolovnaté pistolové střelivo : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, 71 s. Vedoucí práce: Komenda, J.

Tato bakalářská práce si klade za cíl popsat současnou situaci na trhu s pistolovým střelivem. V úvodu práce je popsána činnost a funkce pistolového střeliva. Následuje přehled a rozdělení základních typů dostupných nábojů. Ve výpočtové části jsou uvedeny balistické charakteristiky jednotlivých nábojů. Celá práce se zaměřuje převážně na ekologické požadavky související s bezolovnatým pistolovým střelivem a návrh kvantitativního kritéria hodnocení pistolového střeliva.

Klíčová slova: bezolovnatá pistolová munice, ekologické kritérium a hodnocení pistolového střeliva, ekologické požadavky, zelená munice, střely s cínovým jádrem, střely SCHP, střely Frangible, střely s průbojným jádrem, střely s olověným jádrem, zinkové střely JCQT.

ANNOTATION BACHELOR THESIS

FURST, J. *Unleaded Pistol Ammunition : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, 71 s. Thesis head: Komenda, J.

This bachelor thesis aims to describe the current situation on the pistol ammunition market. The introduction describes an operation and function of the pistol ammunition. Next part is an overview of basic types of available cartridges and their classification. There are ballistic characteristics for every single cartridge type in the calculation section. The entire work is mainly focused on environmental requirements associated with lead-free pistol ammunition and to design criteria for quantitative evaluation of the ammunition.

Keywords: unleaded pistol ammunition, lead-free pistol ammo, environmental test and evaluation of pistol ammunition, environmental requirements, green ammunition, bullet with tin core, SCHP bullet, Frangible bullets, bullets with the penetrating core, bullets with the lead core, JCQT zinc bullets.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Janu Komendovi, CSc. za cenné rady,
připomínky a metodické vedení práce.

Děkuji Ing. Pavlu Kratochvílovi z vývoje munice Sellier a Bellot, a.s., za poskytnuté
údaje a vzorky do bakalářské práce.

Obsah

	Strana
Zadání bakalářské práce	2
Obsah	8
Seznam použitých značek a symbolů	10
0. Úvod	11
1. Analýza konstrukce a funkce pistolového střeliva	12
1.1 Konstrukce pistolového střeliva	12
1.2 Funkce pistolového střeliva	14
2. Rozdělení pistolového střeliva	17
2.1 Náboje s jednotnou střelou	17
2.1.1 Rozdělení podle tvaru střely	17
2.1.1.1 Střela FMJ	17
2.1.1.2 Střela SP	17
2.1.1.3 Střela LRN	18
2.1.1.4 Střela WC	18
2.1.1.5 Střela TFMJ	18
2.1.1.6 Střela JHP	19
2.1.2 Rozdělení podle materiálu střely	19
2.1.2.1 Náboje se střelou celoolověnou nebo s olověným jádrem	19
2.1.2.2 Náboje se střelou s wolframovým nebo ocelovým jádrem	19
2.1.2.3 Náboje se střelou s cínovým jádrem	20
2.1.2.4 Náboje se střelou z mědi nebo tombaku	20
2.1.2.5 Náboje se střelou Frangible	21
2.1.2.6 Náboje se zinkovou střelou	22
2.1.2.7 Náboje s nekovovou střelou	22
2.2 Náboje s brokovou střelou	22
3 Ekologické požadavky kladené na pistolové střelivo	23
3.1 Ekologické požadavky na zápalkové slože	23
3.2 Ekologické požadavky na materiály střel	24
4 Technické a toxické vlastnosti olova	28
4.1 Technické vlastnosti olova	28
4.2 Toxické vlastnosti olova	28
5 Bezolovnaté pistolové náboje – BPN	31
5.1 Náboje se střelou s cínovým jádrem	31
5.2 Náboje s měděnou nebo tombakovou střelou	32
5.3 Náboje se střelou Frangible	35
5.4 Náboje se zinkovou střelou	37

5.5	Náboje s nekovovou střelou	38
6	Přehled balistických a konstrukčních charakteristik střeliva	39
6.1	Základní konstrukční charakteristiky	39
6.1.1	Ráže	39
6.1.2	Ráže střely	39
6.1.3	Hmotnost střely	39
6.1.4	Součinitel tvaru střely	39
6.1.5	Podélný a příčný moment setrvačnosti	40
6.2	Základní balistické charakteristiky	40
6.2.1	Poměrná hmotnost střely C_q	40
6.2.2	Průřezové zatížení střely C_p	40
6.2.3	Balistický koeficient střely c	41
6.3	Výpočet balistických charakteristik BPN	41
6.3.1	Ráže 9mm	41
6.3.2	Ráže .45	45
6.3.3	Ráže .40	48
6.3.4	Srovnání výsledků	50
7.	Návrh kritéria a vzájemné srovnání BPN	51
7.1	Návrh kritéria pro hodnocení ekologických vlastností BPN	51
7.1.1	Zápalka	51
7.1.2	Prachová náplň	51
7.1.3	Střela	51
7.1.4	Nábojnice	53
7.2	Aplikace kritéria hodnocení BPN	53
7.3	Výpočet navržených hodnot	58
7.4	Aplikace výsledků	58
8	Závěr	60
9	Seznam použité literatury a zdrojů	61
10	Seznam zkratk a termínů	67
11	Přílohy	68

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Jednotka	Název
c	$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$	balistický koeficient střely
C_p	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	průřezové zatížení střely
C_q	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	poměrná hmotnost střely
i	1	součinitel tvaru střely
J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	moment setrvačnosti
m	kg	hmotnost
ρ	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	hustota
s	m	dráha
t	$^{\circ}\text{C}$	teplota
v	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	rychlost

0 Úvod

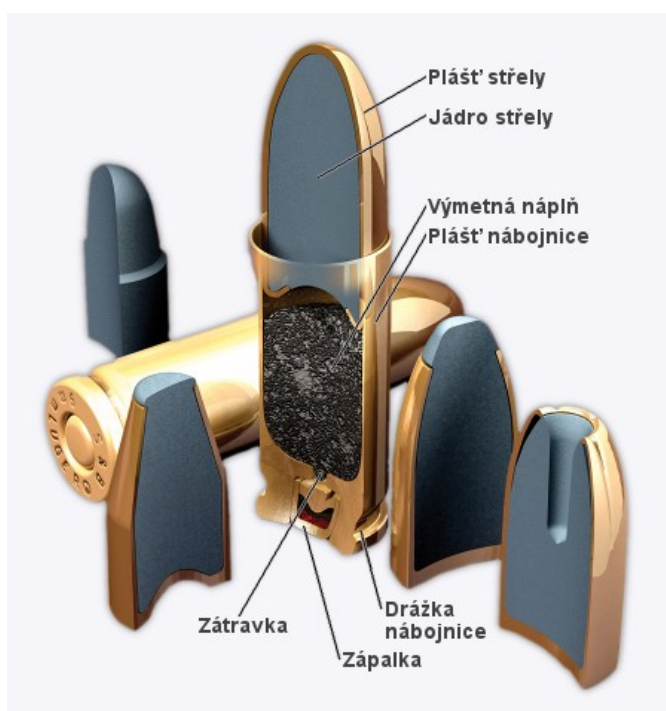
V dnešní době je otázka ekologie a šetrného přístupu k životnímu prostředí velmi aktuálním tématem. Tato problematika se řeší ve všech odvětvích lidské činnosti. A bylo jen otázkou času, kdy začne být aktuální i ve zbrojním průmyslu. Stará koncepce pistolové munice, založená na bázi olovených střel nebo střel s částečným podílem olova (uložení tvrdých jader v olovené „košilce“ u průbojné munice), je nepřijatelná. Stále více nás dostihuje synergie chemikálií a jedů, se kterými se dříve organismus ani ekosystém nesetkal a právě synergie stojí za řadou zdravotních a ekologických problémů, které stále více vystupují na povrch.

Snaha, o snížení celkové zátěže postupným snižováním produkce dílčích problémových toxinů a chemikálií, musí proběhnout na systémové úrovni. Tento boj vyžaduje v první řadě změnu přístupu, myšlení a hlavně změnu vnímání problému. Na problém je třeba nahlížet ne jako na dílčí problematiku jednotlivých toxinů, ale jako na celkovou globální koncepci s dlouhodobým a dalekosáhlým dopadem. Je nutné problematiku vnímat v rozsahu několika generací dopředu a uvědomit si, že přidání jen jediného dalšího toxinu do systému znamená obrovský dopad na ekologii díky synergii. Je potřeba pochopit princip synergie. Jeden příklad je za 1000 slov, proto synergii vysvětlím na příkladu. Představme si, že první noc zavřeme kočku v obchodě s porcelánem a ráno se přijdeme podívat, kolik škody způsobila. Kočka může být například rtuť. Druhou noc zavřeme psa v obchodě s porcelánem a ráno se podíváme, kolik škody nadělal. Pes může být například olovo. Když matematicky sečteme škody, které způsobila kočka a škody které způsobil pes, dostaneme nějakou hodnotu. Ta ale neodpovídá celkovým škodám působení obou prvků. Synergie je, když zavřeme třetí noc psa i kočku do jednoho obchodu s porcelánem[1].

1 Analýza konstrukce a funkce pistolového střeliva

1.1 Konstrukce pistolového střeliva

Pistolové střelivo, stejně jako většina střeliva kulových zbraní s jednotnou střelou, se skládá z několika částí. Tyto části, složené z mechanických dílů a výbušnin, spolu tvoří muniční celek označovaný jako náboj [2][3]. Typický náboj se skládá ze čtyř základních částí: střely (projektilu), výmetné prachové náplně, nábojnice a zápalky (zápalkové slože)[4].



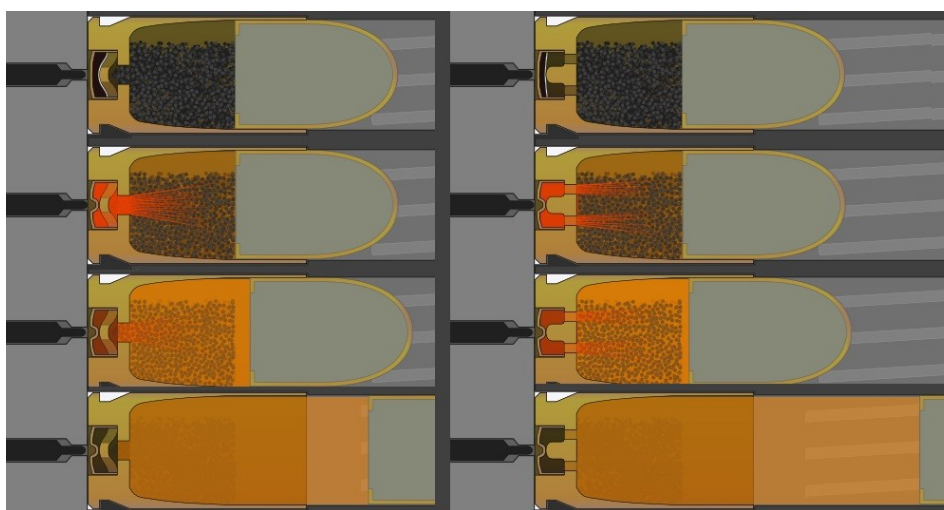
Obr. 1. Náboj se středovým zápalem [4]

Zápalka slouží k zažehnutí výmetné prachové náplně. Nejčastěji se používají zápalky se středovým zápalem, které tvoří samostatný konstrukční celek složený z mechanických dílů a zápalkové slože na bázi třaskaviny. Zápalka je nalisovaná do dna nábojnice a existuje v provedení Berdan a Boxer. Základem obou typů je kalíšek z měkkého plechu, který má ve svém dnu zápalkovou slož. U typu Berdan je kalíšek nalisován do kruhového otvoru ve dnu odpovídajícího typu nábojnice. Nábojnice má ve středu otvoru malý výstupek (kovadlinku) a po stranách průšlehové otvory. U typu Boxer je v kalíšku na zápalkové složi malá kovová část z tvrdého plechu, tvarovaná tak, aby kolem ní mohl projít výšleh, která slouží jako kovadlinka. Nábojnice nepotřebuje vlastní kovadlinku a průšlehový otvor je pouze jeden, umístěný centrálně. Kovadlinka slouží jako opora úderníku při nárazu. U menších ráží se používá zápalka

s okrajovým zápalem, kde je zápalková slož umístěná přímo do dna nábojnice. Množství slož v zápalce se pohybuje v setinách gramu až desetínách gramu a tvoří asi 1 % celkové prachové náplně v náboji. Při výstřelu dojde vlivem kinetické energie úderníku ke vznícení zápalkové slož a ta přes průšlehový otvor (zátravku) nábojnice zažehne výmetnou prachovou náplň[2][4].



Obr. 2. Náboj s okrajovým zápalem [4]



Obr. 3. Průběh výstřelu, zápalka Boxer (vlevo) a Berdan (vpravo) [4]

Výmetná prachová náplň slouží k vymetení střely z hlavně požadovanou rychlostí. Po zážehu výmetné prachové náplně dojde k hoření a vývinu plynů (zplodin hoření), které pod vysokým tlakem vytlačí střelu z hlavně. Nejčastěji se používají prachové náplně nitrocelulózové (Nc) nebo nitroglycerinové (Ng). Prachová zrna jsou vyráběna v různých tvarech. Pro pistolové náboje se používají zrna s malou charakteristickou tloušťkou, která stačí dohořet v krátké pistolové hlavni[2].

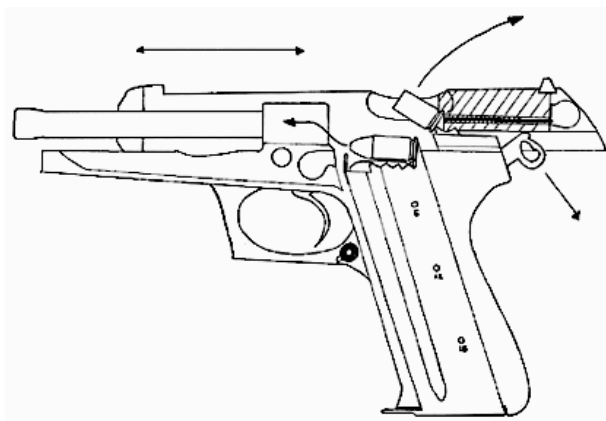
Střela je částí náboje, která slouží k zásahu cíle. Při výstřelu je v hlavni zrychlena expandujícími plyny na požadovanou rychlost, opouští hlaveň a směřuje do požadovaného místa zásahu. Pro dosažení požadovaného účinku v cíli na danou

vzdálenost, jsou střely vyráběny v různém tvarovém a materiálovém provedení. Pistolové střely jsou, z důvodu požadavku střelby ze samonabíjecích pistolí, většinou monoogivální se zakulacenou špičkou. Vyrábí se v délce 1,1násobku až 2,5násobku ráže[2][5].

Nábojnice je nejčastěji kovová nádoba, která spojuje jednotlivé části náboje v jeden celek a chrání výmetnou prachovou náplň před povětrnostními vlivy. Při sestavování všech částí v jeden muniční celek je, z hlediska střelby, zásadní síla zalisování střely do nábojnice (výtahová síla). Při té době dojde k uvolnění střely z náboje. U pistolového střeliva je nábojnice zpravidla válcovitá, bezokrajová s drážkou, výjimečně lahvovitá[2].

1.2 Funkce pistolového střeliva

Po vložení náboje do nábojové komory pistole dojde stiskem spouště k uvolnění bicí pružiny a pohybu kohoutu. Kohout na konci dráhy pohybu naráží na úderník, který přenese kinetickou energii na zápalku (středový zápal) nebo okraj nábojnice se zápalkovou složi (okrajový zápal). Vlivem kinetické energie dojde k deformaci dna zápalky nebo okraje nábojnice ve směru pohybu úderníku a stlačení slisované zápalkové složi. Tím se uvolní velké množství tepla. Zápalková slož, citlivá na mechanické a tepelné impulsy, se vznítí. Hoření je vedeno do prostoru, kde se nachází výmetná prachová náplň a dojde k jejímu vznícení[2][4][6].



Obr. 4. Schéma činnosti závěru [4]

Výmetná prachová náplň se prudce rozhořívá, dochází k tvorbě výstřelových plynů a uzavřený prostor nábojnice je rychle vyplněn výstřelovými plyny. Ty dále nemohou zvětšovat svůj objem a s pokračujícím hořením dochází k prudkému zvyšování tlaku. Ten působí na dno střely a dále na stěny a dno nábojnice. Po překročení výtahové síly dojde k uvolnění střely z nábojnice a následnému pohybu střely hlavní, směrem od střelce. Za střelou se do hlavně rozpínají zplodiny hoření a částečně i zatím neshořelé části zrn výmetné prachové náplně. Tlak na dno nábojnice se přenáší na čelo závěru.

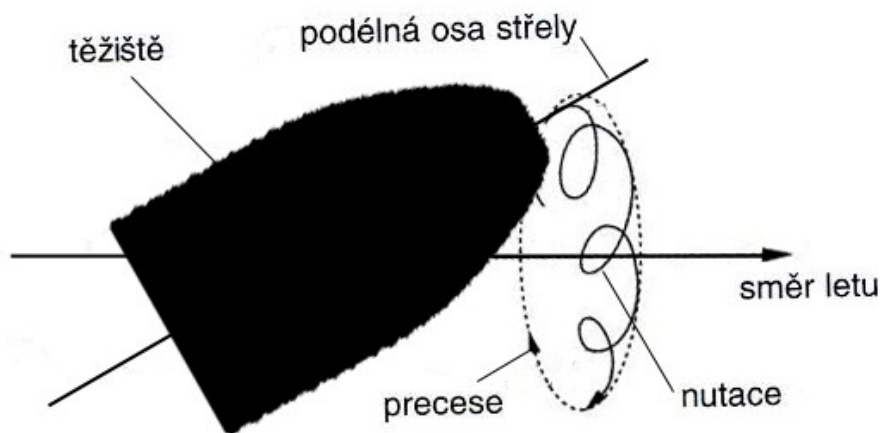
U samonabíjecích systémů se čelo závěru začne pohybovat směrem ke střelci a závěr vykoná celý cyklus vyhození prázdné nábojnice a nabití nového náboje do nábojové komory[2][6].

Střela, při pohybu hlavní k jejímu ústí, vykonává dva pohyby. Translační (posuvný) a díky zařezávání vodících částí střely do drážek vývrtu, což způsobí rotaci střely, také pohyb rotační. Pohybem střely je z hlavně vytlačován stlačený vzduch, který byl v hlavní před střelou a dále střelu předbíhají výstřelové zplodiny. Ty unikly vlivem netěsností v hlavní kolem střely[2][6].

Poté co střela opustí ústí hlavně, vyteče z hlavně během několika milisekundy zbytek výstřelových zplodin. Tím velmi rychle klesne jejich tlak, ale současně vzroste jejich rychlost na 2násobek až 3násobek rychlosti střely. Tyto výstřelové plyny ovlivní nejen chování samotné zbraně, ale také pohyb střely do vzdálenosti několika desítek ráží od ústí hlavně. Výtok plynů z hlavně není symetrický. To způsobí kromě pozitivního urychlení střely i nežádoucí rozkmitání projektilu a zhoršení přesnosti střelby[2][6][7].

Po opuštění hlavně se ke dvěma původním pohybům vykonávaným střelou přidají další a střela vykonává tyto pohyby:

- a) Pohyb translační (posuvný). Při pohybu atmosférou se střela pohybuje po balistické křivce, dané balistickými charakteristikami střely a parametry atmosféry. Působí na ni dvě hlavní složky, odpor vzduchu a gravitace, které definují tvar balistické křivky.
- b) Pohyb rotační. Střela se, díky rotaci, chová jako gyroskop a nedochází tak, při působení aerodynamických sil k jejímu vychýlení ve směru těchto sil, ale kolmo na jejich směr. Rotace tedy střelu stabilizuje, ale zároveň ovlivňuje její dráhu. Střela se při svém letu mírně vychyluje do směru své rotace a to tak, že střely pravotočivé se vychylují doprava, levotočivé doleva. Toto vychýlení se nazývá derivace střely.
- c) Pohyb precesní. Při tomto pohybu opisuje podélná osa střely kuželovou plochu s osou ležící přibližně ve směru posuvného pohybu. Precesní pohyb je způsoben vychýlením střely kolmo na směr působících aerodynamických sil. Tento jev je způsoben gyroskopickým efektem rotace.
- d) Pohyb nutační. Tento pohyb, tedy kmitání kolem měnící se příčné osy, je způsoben mimo jiné nevyváženostmi střely[2][6][7][8].



Obr. 5. Pohyby střely za letu

Chování střely při vniknutí do cíle závisí na materiálu, pevnosti, hustotě, tloušťce a dalších vlastnostech cíle.

Při vniknutí do kovu, se střela nemá možnost otočit kolem své příčné osy a změnit tak své průřezové zatížení. Podle teorie prútlačného modelu závisí hloubka vniku především na poměru energie ku průřezu střely[9].

Při vniknutí do dřeva, mýdla nebo zeminy se střela natáčí kolem své příčné osy. Dochází ke zvětšení příčného průřezu, střela předává větší množství energie okolnímu materiálu a tím se zmenší hloubka vniku[9].

Při střelbě do skla, keramiky a podobných materiálů je hlavním faktorem pro charakter zásahu křehkost těchto materiálů. Linie lomů se ve sklovitých látkách šíří rychleji, než je rychlost střely a střelu předbíhají. Střela tak při svém pronikání cílem naráží pouze na rozdrčené fragmenty původního materiálu a tím je zastavovací účinek skla značně snížen[9].

Při střelbě na živý cíl dochází průnikem střely k poškození tkání, orgánů a podráždění nervových zakončení. To vyvolá pocit bolesti a dále krvácení nebo ochromení v důsledku poškozených tkání. Zranění vedou ke snížení schopnosti zasaženého jednat. Příčinou smrti důsledkem střelného poranění je, kromě poškození životně důležitých orgánů, přerušení přísunu kyslíku do mozku. K tomu dochází zhroucením krevního oběhu (vykrvácení, zástava srdce). Zastavující účinek střely na živý organismus je dán polohou zásahu a rozsahem poškození tkání. Určující veličinou pro hodnocení zastavujícího účinku je čas. Princip působení střely na živý organismus

nespočívá v jejím dopadu na cíl, ale jak bylo naznačeno výše, souvisí s nějakou formou porušení nebo poškození tkání[10].

2 Rozdělení pistolového střeliva

Pistolové střelivo se liší převážně provedením střely. Konstrukce střely a použité materiály jsou podřízeny balistickým požadavkům tak, aby bylo dosaženo požadovaných účinků v cíli[2].

2.1 Náboje s jednotnou střelou

Jsou pro pistolové střelivo nejběžnější. Mají vyšší dopadovou energii a jsou účinné na větší vzdálenosti v porovnání s náboji s brokovou střelou.

2.1.1 Rozdělení podle tvaru střely

Vnější tvar ovlivňuje aerodynamické vlastnosti střely při průletu atmosférou, chování v cíli a způsob předání kinetické energie. V dalším textu uvedu pouze základní nejběžnější tvary pistolových střel vyráběných firmou Sellier & Bellot, a.s.

2.1.1.1 Střela FMJ

Celoplášťová střela. Její olověné jádro je pokryto kovovým pláštěm. V důsledku své tuhé konstrukce se tato střela při dopadu na cíl nedeformuje a hladce projde tělem, aniž by poničila tkáň. Střely s ogivální (hrotitou) přední částí se používají v kalibrech 6.35 Br., 7.65 Br., 9 mm Br, 9 mm Makarov, 7.62 x 25 Tokarev a Luger 9 mm, zatím co střely s přední částí tvaru komolého kužele se užívají v kalibrech 40 S&W, 38 Special, 357 Magnum a 9 mm Luger Subsonic[11].



Obr. 6. Celoplášťová pistolová střela [11]

2.1.1.2 Střela SP

Poloplášťové střely s měkkým hrotem. Jádro střely je olověné. Přední část tohoto olověného jádra není chráněna. Při nárazu na cíl se deformuje do hřibovitého tvaru, který zajistí rychlý přenos kinetické energie. Tato střela se vyznačuje nízkou odrazivostí. Vyrábí se v kalibrech 9 mm Luger, 38 Special a 357Magnum[11].



Obr. 7. Poloplášťová pistolová střela [11]

2.1.1.3 Střela LRN

Homogenní olověná střela se zaoblenou hlavou, jejíž povrchy jsou chráněny umělou hmotou, která snižuje otěr olova. Vhodná pro všechny druhy střelby. Dodává se v kalibrech 9 mm Luger a 38 Special[11].



Obr. 8. Homogenní olověná pistolová střela [11]

2.1.1.4 Střela WC

Homogenní olověná střela vhodná pro soutěžní střelbu. Vyniká přesností a při průchodu terčem zanechává kulaté otvory. Dodává se v kalibru 38 Special[11].



Obr. 9. Homogenní olověná, tzv. terčová pistolová střela [11]

2.1.1.5 Střela TFMJ

Celoplášťová střela, určená pro náboje se zápalkou typu Nontox. Její olověné jádro je pokryto kovovým pláštěm a ve spodní části střely měděným krycím kroužkem. Ten zabraňuje uvolňování zplodin z čela olověného jádra do ovzduší[11].



Obr. 10. TFMJ - Celoplášťová pistolová střela [11]

2.1.1.6 Střela JHP

Poloplášťová střela s expanzní dutinou v přední části, která zasahuje do olověného jádra zcela zakrytého tombakovým pláštěm. Plášť střely je na okraji dutiny na několika místech podélně rýhován. Střela se vyznačuje řízenou deformací v závislosti na dopadové energii a odporu cíle[11].



Obr. 11. Poloplášťová pistolová střela s expanzní dutinou [11]

2.1.2 Rozdělení podle materiálu střely

2.1.2.1 Náboje se střelou celoolověnou nebo s olověným jádrem

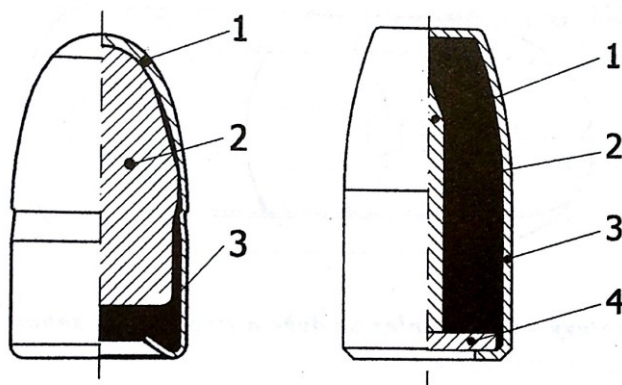
V současnosti je tento typ střel stále převažující a všichni výrobci střeliva dodávají náboje s olověnou střelou v různém tvarovém a funkčním provedení, viz rozdělení podle tvaru výše. Předností olova jako materiálu je jeho vysoká hustota a tvárnost. Hustota olova umožňuje dosáhnout vyššího průřezového zatížení a tvárnost usnadní zařezávání střely do drážek vývrtu. To snižuje opotřebení hlavně. Tyto pozitiva ale nevyváží velmi negativní dopad na životní prostředí.



Obr. 12. Pistolová střela celoolověná nebo s olověným jádrem [11]

2.1.2.2 Náboje se střelou s wolframovým nebo ocelovým jádrem

Jsou to průbojné střely se zesíleným účinkem. Typické je pro ně průbojné jádro vyrobené z materiálu o vysoké tvrdosti a hustotě. V pistolovém střelivu se používají wolframové jádra a jádra z ušlechtilé oceli. Toto tvrdé jádro je uloženo v olověné košilce, která umožní deformaci vodících částí střely při jejich zařiznutí do vývrtu[2]. Střely nejsou určeny pro civilní trh.



Obr.3.9 – Pistolové průbojné jádrové střely

vlevo – klasická střela s masivním ocelovým jádrem, 1 – plášť, 2 – ocelové jádro, 3 – olověná košilka s výplní zadní části

vpravo – vývojový typ střely se štíhlým wolframovým jádrem, 1 – wolframové jádro, 2 – olověná výplň, 3 – plášť, 4 – opěrná ocelová deska

Obr. 13. Náboj se střelou s průbojným jádrem [2]

2.1.2.3 Náboje se střelou s cínovým jádrem

Vychází z konstrukce olověných střel, kde je olovo nahrazeno cínem. Díky cínovému jádru, potaženému tenkým plátem tombaku, se střela po nárazu na tvrdý materiál rozpadá. I přesto, že při rozpadu střely neodlétají kusy střepin do okolí, je doporučená vzdálenost střelce od tvrdé překážky minimálně 7 m.

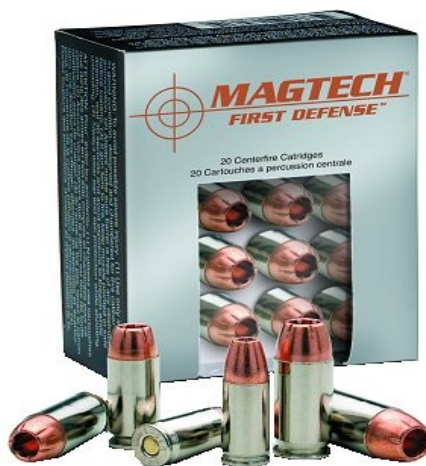


Obr. 14. Náboj Fiochi 9 mm se střelou s cínovým jádrem

2.1.2.4 Náboje se střelou z mědi nebo tombaku

Vyrábí se v provedení homogenní střely s nekrytou expanzní dutinou. Vyznačuje se řízenou deformací přední části, se zvětšením jejího radiálního rozměru a vytvořením

neobvykle masivního hydrodynamického účinku v živé tkáni[2][12]. Na tom se podílí i skutečnost, že si uchovává 100 % své původní hmotnosti po průstřelu (netříští se a nerozděluje na více částí). Tyto střely, se zvýšeným ranivým účinkem, nejsou určeny pro civilní trh.



Obr. 15. Náboj s celoměděnou střelou výrobce Magtech v ráži 9 mm se střelou s expanzní dutinou

2.1.2.5 Náboje se střelou Frangible

Díky své konstrukci a modifikované pevnosti jsou střely Frangible dostatečně křehké a při dopadu na odolnější překážku dochází k jejich rozpadu na drobné fragmenty náhodného tvaru (případně až na prach). Střely Frangible jsou nejčastěji vyráběny lisováním práškových kovů o vyšší hustotě a vhodného pojiva (polymer nebo měkký kov). Jejich slisováním, za tepla nebo za studena, se dosahuje dostatečné soudržnosti a pevnosti těla střely. Tyto střely (makrostrukturálně homogenní, mikrostrukturálně nehomogenní) jsou využívány např. bezpečnostními agenty na palubě letadel, kdy se jejich použitím minimalizuje pravděpodobnost průstřelu pláště letadla, nebo útočníka a tím ohrožení ostatních cestujících[2][12][13].



Obr. 16. Náboj se střelou Frangible

2.1.2.6 Náboje se zinkovou střelou

Střela s jádrem z kroucených zinkových segmentů. Segmenty jsou krouceny kolem své osy jako lano. Tyto střely byly vyvinuty jako bezolovnaté střelivo pro potřeby FBI při střelbě v uzavřeném prostoru, kde hrozí nebezpečí odrazu částí střely a zasažení střelce. Při použití tohoto typu střeliva k odrazu téměř nedochází[14].

2.1.2.7 Náboje s nekovovou střelou

Jsou to především střely neletální, tedy nesmrtící. Jsou vyvinuty k neutralizaci protivníka bez způsobení vážnějšího zranění, těžké újmy na zdraví, případně smrti.



Obr. 17. Gumové pistolové střelivo[15] a stopy po zásahu[16]

2.2 Náboje s brokovou střelou

Jsou to náboje určené pro střelbu na krátké vzdálenosti, většinou 3 – 5 m. Plášť střely je vyroben z křehkého materiálu, který se rozpadá při průchodu hlavní, cíl pak zasahují pouze broky. Při výstražné ráně do vzduchu, v uzavřené místnosti, se broky při zásahu pevné překážky neodrazí a nemohou tak nikoho ohrozit na životě.



Obr. 18. Brokový náboj 9 mm Luger výrobce Snail

3 Ekologické požadavky kladené na pistolové střelivo

V 60. - 70. letech minulého století, na základě vyššího obsahu olova v krevních testech příslušníků policie, začala být studována ekologie a toxicita střeliva[17]. Celá problematika ekologického pohledu na pistolové střelivo by svým rozsahem dalece přesáhla možnosti této práce, proto se zaměřím pouze na dvě dílčí části. V první části se budu zabývat toxickými zplodinami a mikročásticemi, které se při výstřelu uvolní do ovzduší hořením pyrotechnických složí. V druhé části se zaměřím na materiály střel z hlediska ekologických požadavků.

3.1 Ekologické požadavky na zápalkové slože

Zplodiny, uvolněné při výstřelu do ovzduší, vzniknou hořením zápalkové slože a výmetné prachové náplně. Bezdyšné prachy nitrocelulózové a nitroglycerinové, které se používají v pistolovém střelivu, jsou z hlediska emisí toxických látek bezvýznamné. Problematika se týká spíše zápalkových složí. Ty prošly během svého vývoje několika stádii. Historicky první složí byl německý SINTOX. Dále následovaly zápalkové slože s třaskavou rtutí, v současné době převažují slože nerez na bázi tricinátu a postupně je začínají vytlačovat ekologické, netoxické slože např. na bázi dinolu[2].

Slože s třaskavou rtutí obsahují přibližně 25 % třaskavé rtuti, 38 % chlorečnanu draselného a více než 30 % sulfid antimonitého[2]. Sulfid antimonitý je zdraví škodlivá látka, která hoří za vzniku oxidu antimonitého a oxidu siřičitého, používá se jako zpomalovač hoření[18]. Chlorečnan draselný je vysoce reaktivní jedovatá látka, která se používala k hubení plevelů. Je toxický, zdraví škodlivý a díky možnému uvolňování chloru představuje nebezpečí pro životní prostředí[19][20]. Třaskavá rtuť, neboli fulminát rtuťnatý, je vysoce citlivá třaskavina s detonační rychlostí 5000 m/s. Je vysoce toxická[21][22]. Podle nařízení vlády č. 361/2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ze dne 12. prosince 2007, jsou stanoveny nejvyšší povolené koncentrace látek v pracovním prostředí (dále jen NPK-P), pro sloučeniny rtuti na hodnotu 0,15 mg.m⁻³ [23]. Při výstřelu náboje 7,62 x 39 se uvolní 5,28 mg rtuti. Jeden výstřel tedy kontaminuje prostor, do vzdálenosti několika metrů kolem střelce, výpary jedovaté rtuti[17][22].

Nerez slože na bázi tricinátu obsahují přibližně 40 % tricinátu, 2 % tetrazenu, 40 % dusičnanu barnatého, 5 % oxidu olovičitého, 10 % silicidu vápenatého a můžou obsahovat až 5 % sulfidu antimonitého[2]. Silicid vápenatý, CaSi, zvyšuje teplotu

hoření směsi. Z pohledu toxikologického je směs křemíku a vápníku nepodstatná[20]. Oxid olovičitý je mimořádně silné okysličovadlo. Je jedovatý a i přes nepatrnou rozpustnost ve vodě představuje ve větším množství nebezpečí pro vodní organismy[24]. Dusičnan barnatý $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ je toxická látka, ve vodě dobře rozpustná[25]. Tetrazen je látka velmi citlivá na mechanické podněty. U lidí, pracujících ve výrobě tetrazenu, byl zpozorován vyšší výskyt astmatu, podráždění pokožky a sliznic[26]. Tricinát, neboli trinitroresorcinát olovnatý (TNRO), patří hlavně díky složce olova mezi toxické látky[27]. Podle výše zmíněného nařízení vlády (č. 361/2007 Sb.) je stanoveno NPK-P pro olovo a jeho sloučeniny na hodnotu $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pro baryum a jeho sloučeniny na hodnotu $2,5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ [23]. Při výstřelu náboje $7,62 \times 51$ se uvolní $5,3 \text{ mg}$ olova a $5,6 \text{ mg}$ barya[17]. Opět jde tedy o velmi významné překročení maximálních povolených koncentrací a kontaminace velkého prostoru kolem střelce jedovatými výpary.

Netoxické zápalkové slože začínají postupně laborovat do svých nábojů všichni přední světový výrobci munice. Složení těchto netoxických směsí je patentově chráněno. Přední český výrobce střeliva, firma Sellier a Bellot, a.s., používá do svých vybraných nábojů zápalky vlastní konstrukce s označením NON-TOX. Zplodiny hoření těchto zápalek neobsahují žádné těžké kovy[28].

Používání zápalek na bázi třaskavé rtuti nebo tricinátu je z hlediska ekologie a toxikologie nepřijatelné. Jediným možným řešením je jejich postupné nahrazení netoxickými zápalkami, tedy zápalkami, které při hoření neuvolňují těžké kovy a toxické látky.

3.2 Ekologické požadavky na materiály střel

Vhodný materiál by neměl být toxický. Také by neměl reagovat s látkami, které se vyskytují v přírodě, organismech nebo ovzduší, za vzniku toxických sloučenin. Pokud se dostane do organismu, neměl by způsobovat nebo napomáhat rakovinnému bujení buněk. Vhodný materiál by se měl přirozeně vyskytovat v půdě nebo organismu a nebýt pro ekosystém zátěží.

V současné době je, z hlediska materiálu, na trhu několik typů střel. Nejrozšířenější jsou střely olověné a to buď jako homogenní, nebo v různé míře opláštěné tombakem. Dále střely měděné, mosazné, opláštěné střely s cínovým jádrem, střely Frangible (většinou na bázi mědi), plášťové střely s ocelovým nebo wolframovým jádrem a olověnou košílkou (průbojné) apod. Na celou problematiku budu pohlížet jako na problematiku jednotlivých materiálů a jejich dopadů v těchto třech

bodech. Odpařování kovu při výstřelu, uvíznutí kovu v živé tkáni a dopadu kovu do volného terénu.

Olovo. Problematika olova je značně rozsáhlá a bude pojednána samostatně v kapitole 5.

Antimon je stříbrolesklý kovový až polokovový prvek s teplotou tání $630\text{ }^{\circ}\text{C}$ a hustotou 6693 kg.m^{-3} . Slouží jako součást různých slitin. Legováním olova antimonem se upravuje celková tvrdost olověné střely. Množství antimonu se pohybuje v rozmezí od 3 % u střel s ocelovým pláštěm (měkké olovo) do 10 % u střel s tombakovým pláštěm (tvrdé olovo). Olověná košílka průrazných střel obsahuje 0,5 % antimonu (velmi měkké olovo). Při ohřátí antimonu nad bod tání, vlivem vysoké teploty hoření prachové náplně, se na vzduchu vznítí. Hořením vzniká hlavně oxid antimonitý a také jedovaté plyny, které kontaminují prostor kolem střelce. Při inhalaci a kontaktu s očima a kůží je dráždivý. Působí kašel, závratě a bolesti hlavy. Ve vyšších koncentracích způsobuje zvracení, ochrnutí žvýkacích svalů, nespavost, anorexii a poruchy čichu. Vysoké dávky nebo chronická expozice poškozuje srdce, plíce, játra a ledviny. U žen dochází ke zvýšení rizika potratu a je karcinogenní. Antimon se vylučuje močí. Při dopadu střely do volného terénu zůstává antimon vázán na olovo. [2] [29] [30]

Měď je kov načervenalé barvy s teplotou tání $1085\text{ }^{\circ}\text{C}$ a hustotou 8960 kg.m^{-3} . Patří mezi esenciální prvky a je tedy nezbytný pro růst a vývoj kostí, pojivových tkání, mozku, srdce a dalších orgánů. Měď se v organismu uplatňuje také při tvorbě hemocyaninu[31], některých enzymů a při vstřebávání a metabolismu železa nebo vitamínu C. Při výstřelu, díky jeho vysoké teplotě varu ($2562\text{ }^{\circ}\text{C}$), prakticky nedochází k jeho odpařování. Při vniknutí homogenní střely do živé tkáně nedochází, vlivem malé kontaminace, k problémům. Nebezpečné jsou střely Frangible, které mohou díky svému rozpadu uvolnit do organismu velké množství drobných částíček mědi. Při velkých koncentracích je měď toxická. Po dopadu do volného terénu může dojít k částečné oxidaci a mírné kontaminaci půdy. Postupně se na povrchu utvoří tenká vrstvička uhličitanu měďnatého, který zabrání další korozi vzdušným kyslíkem nebo vodou. Vzhledem k tomu, že je měď esenciálním prvkem i pro vyšší rostliny, nepředstavuje pro ekosystém hrozbu. Výjimkou jsou vodní organismy, pro které je ve větším množství toxická[32][33][34].

Cín je měkký, netoxický, zdravotně nezávadný kov světle šedé barvy s nízkou teplotou tání ($232\text{ }^{\circ}\text{C}$), vysokou teplotou varu ($2602\text{ }^{\circ}\text{C}$) a hustotou 7260 kg.m^{-3} . Při výstřelu nedochází k jeho odpařování v takové míře, aby byla zajímavá z hlediska toxicity nebo životního prostředí (limit NPK-P pro anorganické sloučeniny cínu je 4 mg.m^{-3}). Při vniknutí střely do živé tkáně může kontaminace cínem ve výjimečných

případech působit dráždivě, což je zanedbatelné vzhledem k poškození tkáně střelou. Při dopadu do volného terénu vytvoří na svém povrchu vrstvičku oxidu cínu, která zabrání další reakci s okolím. Cín jako materiál nepředstavuje hrozbu z hlediska ekologického ani toxikologického[35][36][37].

Zinek je modrobílý kovový prvek se silným leskem, který však oxidací ztrácí. Jeho hustota je 7140 kg.m^{-3} a teplota tání 420°C . Je to jeden z nejdůležitějších kovů pro jakékoli formy života. V těle dospělého člověka jsou asi 2 g zinku. Je nezbytný pro správnou činnost organismu, syntézu bílkovin, tvorbu DNA, napomáhá z těla odbourávat těžké kovy jako je olovo a kadmium. Čistý zinek je netoxický, snadno se ale slučuje s kyselinami, se kterými tvoří jedovaté soli. Inhalace výparů zinku může vyvolat horečku, nejde ale o působení zinku. Jedná se o otravu oxidem zinečnatým. Reakcí s atmosférickými vlivů může dojít k vyloučení slabého roztoku síranu zinečnatého (ve slabé koncentraci se používá v očním lékařství jako desinfekční prostředek)[39][40].

Tombak je kov žluté barvy, jedná se o slitinu mědi a zinku (s obsahem 10 % - 16 % zinku). Jeho ekologické vlastnosti jsou dány vlastnostmi dílčích prvků, které jsem uvedl výše[41].

Wolfram je šedý až stříbřitě bílý, velmi těžký a mimořádně obtížně tavitelný kov. Jeho teplota tání 3422°C je nejvyšší ze všech kovů a po uhlíku druhá nejvyšší z prvků. Velmi významná je jeho vysoká hustota 19250 kg.m^{-3} . Z wolframu se vyrábějí tvrdá jádra průbojných střel. Předpokládá se, že wolfram obsažený v tkáních živých organismů se chová podobně jako molybden. Je například potvrzena jeho role v enzymatickém systému oxidoreduktázy a nejsou známy případy, jeho negativního působení v životním prostředí. Z hlediska ekologie i toxikologie jej tedy lze považovat za netoxický[2][42].

Železo je poměrně měkké, světle šedé až bílé. Je to ferromagnetický kov s malou odolností proti korozi. Jeho teplota tání je 1538°C a hustota 7860 kg.m^{-3} . Z biologického hlediska patří železo mezi mikrobiogenní prvky. V lidském těle se nachází asi 3 - 4 gramy železa a je pro lidský organismus nezbytné. Např. organokovová komplexní sloučenina hemoglobin hraje klíčovou roli v transportu kyslíku z plic do tělesných tkání a je proto nezbytná pro dýchání. Železo je podstatným prvkem i pro rostliny, jeho nedostatek způsobuje např. světlé skvrny na listech. Z hlediska ekologie i toxikologie považují železo za netoxické[2][43].

Uhlík je černý lesklý nekovový prvek s nejvyšší teplotou tání 3642°C a hustotou 2270 kg.m^{-3} . Je to chemický prvek, tvořící základní stavební kámen všech organických

sloučenin a tím i všech živých organismů na této planetě. V lidském těle uhlík představuje 18,5 % hmotnosti, v přírodě se vyskytuje také běžně a to ve formě stabilních izotopů. Uhlík lze považovat za netoxický[44].

Ocel je slitina železa, uhlíku a dalších legujících prvků (obsahuje méně než 2,11 % uhlíku). Je světle šedé lesklé barvy. Používá se na tvrdá jádra průbojných střel. Jeho ekologické vlastnosti jsou dány vlastnostmi dílčích prvků, které jsem uvedl výše[2][45].

Bismut je těžký kov bílé barvy se slabým růžovým leskem. Je křehký a hrubě krystalický. Jeho hustota je 9780 kg.m^{-3} a teplota tání $271 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Na rozdíl od většiny ostatních těžkých kovů nejsou jeho sloučeniny toxické, nerozpouští se v neoxidujících kyselinách. Na vzduchu je za laboratorní teploty stálý. Je to velmi nadějný prvek pro použití v bezolovnatých střelách. Jeho širokému využití brání především vysoká cena[46].

Platina je ušlechtilý, odolný, kujný a tažný kov kovově lesklé barvy. Má velmi vysokou hustotu 21450 kg.m^{-3} a teplotu tání $1768 \text{ }^{\circ}\text{C}$. V přírodě se vyskytuje zejména ryzí. Rozpouští se v lučavce královské a lze ji pomalu rozpustit i v kyselině chlorovodíkové za přítomnosti vzdušného kyslíku nebo peroxidu vodíku. Vzhledem ke své chemické stálosti a vysoké hustotě by byla velmi zajímavým materiálem pro výrobu střel. Tomu však brání její vysoká cena[47].

4 Technické a toxické vlastnosti olova

4.1 Technické vlastnosti olova

Olovo je měkký kov šedé barvy s vysokou hustotou 11340 kg.m^{-3} a velmi nízkou teplotou tání 327°C . Je dobře tvárný za studena i za tepla a dobře kujný. Snadno se taví, pájí i sváří. Je odolný vůči korozi. Lidstvu je znám už od starověku a byl velmi často využíván. Pevnost olova je 15MPa a tvrdost 3HB. Pro svoji vysokou specifickou hmotnost je stále převažujícím materiálem při výrobě střeliva. Díky příměsi antimonu je možné upravit tvrdost olova, které je samo o sobě příliš měkké[2][45][58]. Tvrdost olověných střel, podle složení, je uvedena v příloze 2[48].

4.2 Toxické vlastnosti olova

Olovo patří mezi látky poškozující nervový a hormonální systém. Díky své hustotě je řazeno mezi těžké kovy. S ohledem na prokázanou toxicitu se projevuje snaha o co největší omezení jeho používání. Nadměrné užívání olova bylo jedním z faktorů, který přispěl k zániku římské říše (olověné nádoby, vodovodní potrubí). Olovo se do organismu dostává kontaktem přes pokožku (manipulace s celoolověnými střelami), vdechováním ve formě plynů a prachu obsahujících tento prvek (střelba, lití olověných střel a pod) nebo potravou (kontaminovanou olověnými střelami)[45].

Při výstřelu náboje s olověnou střelou nebo střelou s olověným jádrem (kromě TFMJ) dochází k odpařování olova ze dna střely (odpařuje se již při teplotě 550°C) a kontaminaci prostoru kolem střelce. Po zásahu živé tkáně dochází ke kontaminaci tkání v okolí střelného kanálu. Působením kyseliny mléčné, která se vytváří ve svalech při fyzické zátěži, dochází k rozpouštění olova v organismu a jeho další kontaminaci[49][50][51][52].

Jak uvedl Českobudějovický deník, bylo v Německu zničeno 300 kg zaječího masa, ve kterém byly 700x překročeny maximální hodnoty obsahu olova. Ke kontaminaci potravy došlo pravděpodobně při špatném zpracování masa, kdy nebyl zcela vyjmut střelný kanál. Ve vyvěšené zvěřině začala ve tkáních pracovat kyselina mléčná, která mohla části olověné střely nebo broky rozložit a to vedlo k lokální otravě masa[53].

Při dopadu střely do volného terénu dochází, působením povětrnostních vlivů a mikroorganismů, k jeho oxidaci a částečnému rozpouštění. To má za následek navázání na půdní částice a kontaminaci půdy olovem. Olovo má vysoký akumulací

koeficient a hromadí se nejen v sedimentech a kalech, ale i v biomase a organismu. Přítomnost olova v půdě je zdrojem expozice pro rostliny a zvířata, odkud se dále dostává do potravy, nebo pálením biomasy do ovzduší. Tam se váže na prachové částice, které vydrží v ovzduší až 10 dnů. Tím dochází k jeho opakované inhalaci[49][50][51][52].

Lidské tělo se samo olova zbavuje těžko. Protože jej nedokáže dostatečně rychle vyloučit, ukládá je do kostí a zubů, odkud se pozvolna uvolňuje do krve a následně je vyloučeno močí. Tento proces může trvat mnoho let, proto se v souvislosti s olovem uvádí jako jedno z nebezpečí jeho kumulativní schopnost.

Otravu olovem dělíme na akutní, kdy se jedná o krátkodobé expozice vysokými dávkami olova a chronickou s dlouhodobou expozicí nízkých dávek.

Akutní otrava se projevuje velmi výrazně. Od prudké křečovitě bolesti břicha (Saturninská kolika), zvracení, průjmů, křečí až po různě těžké poruchy vědomí. Při otravě velmi vysokou dávkou může tento stav skončit i smrtí. K akutní otravě, v souvislosti se střelivem, zpravidla nedochází. Koncentrace olova, při střelbě a manipulaci s municí, jsou spíše nízké a projevují se jako chronická otrava.

Projevy chronické otravy jsou nenápadné a neurčité. Objeví se únava, apatie, nechutenství s občasnou nevolností. Kůže lidí, dlouhodobě vystavených účinků olova, získá šedavou, popelavou barvu a objeví se jim šedomodrý lem na dásních. Může se objevit i narušení mentálních funkcí – objevují se poruchy soustředění, poruchy paměti, snížení inteligence apod. Relativně často se u takových osob vyvine chudokrevnost. Po delší době poškodí olovo ledviny a ty mohou začít selhávat. U dětí může olovo narušit správný psychomotorický vývoj. Způsobuje poruchy chování a učení. Dostane-li se olovo z těla matky do plodu, může způsobit poruchy nitroděložního vývoje, potrat nebo předčasný porod.

Při léčbě otravy olovem je důležité zjistit jeho zdroj a zabránit dalšímu kontaktu s ním. Na snižování množství olova v krvi lze využít tzv. chelatačních činidel např. sloučeniny EDTA (etylendiamintetraoctovou kyselinu)[50].



Obr. 19. Dásně zbarvené olovem (otrava olovem) [50]

5 Bezolovnaté pistolové náboje - BPN

Při hledání bezolovnatých pistolových nábojů jsem se snažil oslovit většinu předních světových výrobců. Mým cílem bylo sestavit celosvětový přehled výrobců střeliva a jejich bezolovnatých produktů v pistolových rážích. V příloze č. 3 uvádím všechny oslovené výrobce. Kromě firmy Barnaul, kde mi odepsali, že do svých nábojů laborují pouze olověné střely a firmy Sellier&Bellot, a.s. kde mi Ing. Kratochvíl vyšel vstříc, jsem se odpovědí nedočkal. Přehled ekologického pistolového střeliva jsem nakonec vytvořil z informací uvedených na internetových stránkách výrobců a prodejců střeliva.

5.1 Náboje se střelou s cínovým jádrem

Střely s cínovým jádrem vychází z konstrukce olověných střel. Jsou vhodné pro použití ve vnitřních prostorách, protože se po nárazu na tvrdý materiál rozpadají a díky tomu se snižuje množství potenciálních škod.

Italský výrobce Fiocchi Munizioni vyrábí náboj pod označením Tin Core. Náboj je v ráži 9 mm Luger, provedení SJSP (poloplášť) a má netoxickou zápalku Zero Pollution. Náboj nabízí na svých internetových stránkách firma Supra Praha, spol. s r.o.

Americký výrobce Winchester Ammunition vyrábí náboje pod označením Super Clean NT. Náboje v rážích .38 Special a .40 S&W jsou dostupné v provedení poloplášť a náboje 9 mm Luger a .45 Automatic jsou v provedení JFP. Všechny náboje jsou laborovány s netoxickou zápalkou.



Obr. 20. Střely Tin Core firmy Fiocchi a Super Clean NT firmy Winchester

5.2 Náboje s měděnou nebo tombakovou střelou

Vyrábí se např. v provedení SCHP (solid copper hollow point – celoměděné střela s nekrytou expanzní dutinou) jako střela s řízenou deformací přední části. Střela se při průchodu tkání netříští a nerozděluje. Uchovává si 100 % své původní hmotnosti po celou dobu pohybu. Princip řízené deformace spočívá ve zvětšení jejího radiálního rozměru. Dojde k rozevření a rozšíření střely viz obrázek 22, a rychlejšímu předávání energie živé tkáni. To vytvoří velice silný hydrodynamický účinek v živé tkáni. Při použití této munice nemá na úspěšnost a zastavovací účinek vliv přesnost střelby. Zastavení nebo usmrcení cíle proběhne vlivem potrhání a zhmoždění vnitřních orgánů hydrodynamickou vlnou.

Americký výrobce Magtech Ammunition Company, Inc. laboruje celoměděné střely v rážích 9 mm, .380 Auto, .38 Special, .357 Magnum, .40 S&W a .45 Automatic. Střely mají v přední části 6 podélných zářezů. Ty zlepšují pravidelnost deformace a vytváří 6 symetrických ramen, která zaručují rovnoměrné rozložení brzdící síly a zabraňují tak vybočení střely při průletu cílem.



Obr. 21. Střely SCHP výrobce Magtech Ammunition Company, Inc.



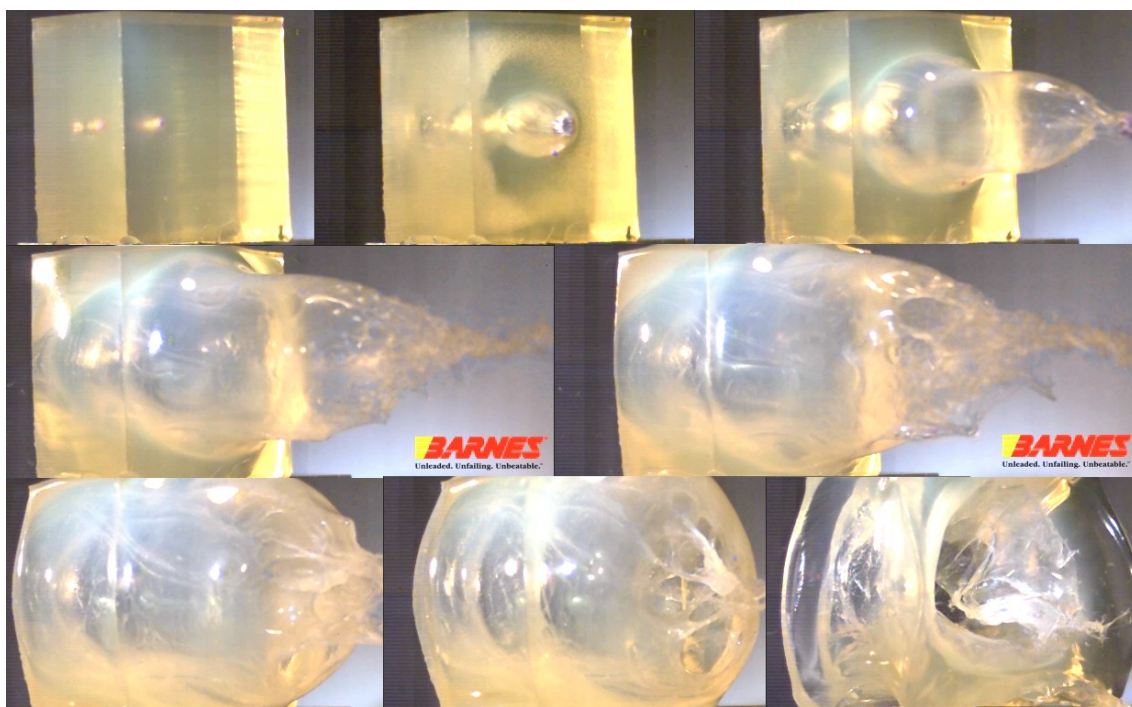
Obr. 22. Střely SCHP výrobce Magtech Ammunition Company, Inc. po rozevření

Další americký výrobce firma RARE Ammo – JEK Incorporated laboruje celoměděné střely SCHP pod označením C.O.P. (Copper Only Projectiles). Náboje jsou dostupné v rážích 9 mm, .380 ACP a .45 ACP pro normální a dále v rážích 9 mm a .45 ACP se zvýšeným tlakem prachových plynů pod označením C.O.P.+P.

Posledním výrobcem nábojů SCHP je firma Dakota Ammo, Inc. z USA, která laboruje a dodává celoměděné střely pod označením DXP v rážích 9 mm, .380 Auto a .45 ACP.

Všechny střely mají shodné konstrukční provedení i charakteristiku chování v cíli.

Americká firma Barnes Bullets, LLC. se zaměřila na výrobu celoměděných střel s řízenou deformací. Střely do nábojů sami nelaborují, působí jako subdodavatel pro velké výrobce střeliva i pro domácí přebíjení. Na podporu prodeje vytvořili video s ukázkou hydrodynamického šoku, způsobeného střelou s řízenou deformací. Na balistické želatině, přibližně o tloušťce trupu dospělého člověka, jsem v několika krocích nasnímal vznik a šíření hydrodynamické vlny (obr.24), která by u živého cíle způsobila roztrhání vnitřních orgánů s masivním krvácením. Zastavovací účinek těchto střel nesouvisí s přesností zásahu. Na obrázku 25 a 26 je vidět rozdílná velikost hydrodynamické vlny při použití celoměděné a olověné střely.



Obr. 23. Fáze průletu celoměděné střely SCHP balistickou želatinou



Obr. 24. Průlet celoměděné střely S&W balistickou želatinou



Obr. 25. Průlet olověné střely s řízenou expanzí balistickou želatinou

Jiným příkladem provedení jsou homogenní, za studena lisované, střely z tombaku (CuZn10) se speciálním tvarem vnitřní dutiny. Dutina nemá, z pohledu rozkladu střely, žádný význam a vzniká v průběhu výroby lisování. Střela se v balistické želatině a ostatních definovaných materiálech (sklo, dřevo, kov) chová jako střela celoplošná (FMJ), tedy nerozkládá se.

Náboj, se střelou z tombaku, vyrábí Česká firma Sellier & Bellot, a.s. pod označením TB (Training Bullet). Střela zatím není dodávána na trh. Je ve fázi laborace a testování. Předpokládaným zákazníkem, po uvedení do prodeje, jsou především ozbrojené složky. Její použití v civilním sektoru není vyloučeno, ale díky vyšší ceně

materiálu na tomto trhu zřejmě nenajde uplatnění. Náboje budou dodávány v ráži 9 mm Luger.



Obr. 26. Náboj firmy Sellier&Bellot, a.s. se střelou z tombaku

5.3 Náboje se střelou Frangible

Střely Frangible jsou vyráběny převážně lisováním práškových kovů o vyšší hustotě a vhodného pojiva (polymer nebo měkký kov) nebo lisováním dvou kovů o různé tvrdosti, kdy měkčí kov zastává funkci pojiva. Tím se dosahuje dostatečné soudržnosti, pevnosti i požadované křehkosti. Díky ní se střely, při dopadu na odolnější překážku, rozpadají na drobné fragmenty náhodného tvaru (případně až na prach). Jsou používány bezpečnostními agenty například v letadlech.

Českým výrobcem nábojů Frangible je firma Sellier & Bellot, a.s., která laboruje střely s plochou špičkou (FN) amerického výrobce SinterFire, Inc v ráži 9 mm Luger. Střela s označením SF9 RHFP je lisována ze směsi kovů s převažujícím podílem mědi. Při dopadu na definované tvrdé cíle (sklo, dřevo, kov) se rozpadá. V balistické želatině se chová jako celoplášťová (FMJ). Střela není dodávána na civilní trh a je určena především pro Policii jako speciální munice.



Obr. 27. Náboj Frangible firmy Sellier&Bellot, a.s. se střelou firmy SinterFire, Inc.

Federal Cartridge Company, Inc. (USA) dodává náboje se střelami Frangible pod označením BallistiClean jako ekologickou (bezolovnatou) municí. Všechny laborované střely jsou v provedení FN, tedy s plochou špičkou a jsou dodávány v rážích 9 mm, .357 Sig, .40 S&W, 10 mm Auto a .45 Auto.



Obr. 28. Materiál pro výrobu náboje Frangible firmy Federal Cartridge Company, Inc.

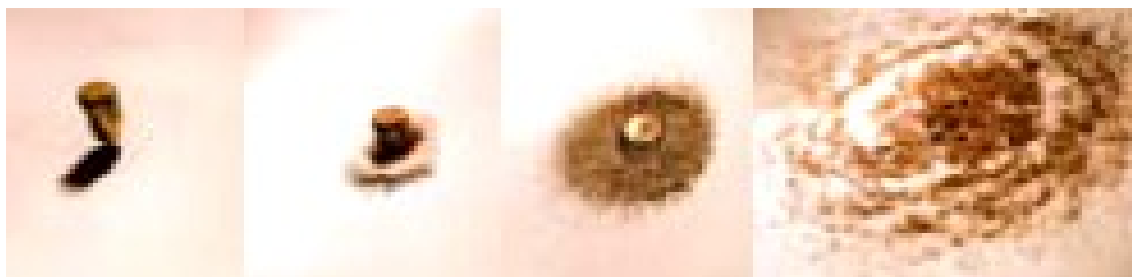
Italský výrobce Fiocchi Munizioni SpA, S.U. vyrábí náboj pod označením SinterFire v ráži 9 mm Luger, opět v provedení FN (Flat Nose).



Obr. 29. Náboje Frangible firmy Fiocchi a RSW

Americká firma RWS – Ruag Ammotec USA, Inc. prodává náboje pod označením Cooper Matrix. Střely jsou v provedení FN a jsou dodávány v rážích 9 mm, .40 S&W a .45 ACP.

Americká firma SBR, LLC. laboruje střely Frangible v provedení FN do nábojů pod označením Green Match (zelená munice). Střely jsou dodávány v rážích .40 S&W a .45 ACP.



Obr. 30. Postup rozpadu střely Frangible při nárazu na tvrdou překážku



Obr. 31. Poškození střely Frangible při pokusu o delaboraci

5.4 Náboje se zinkovou střelou

Náboje vyrábí americká firma Federal Cartridge Company, Inc. (USA) a dodává je jako munici pro služební aplikace v rážích 9 mm, .40 S&W, a .45 Auto.



Obr. 32. Náboj JCQT po výstřelu

5.5 Náboje s nekovovou střelou

Jsou to především střely neletální, tedy nesmrtící. Jsou vyvinuty k neutralizaci protivníka bez způsobení vážnějšího zranění, těžké újmy na zdraví, případně smrti. Jejich primární cíl je protivníka ochromit, paralyzovat, zastavit nebo zneškodnit pouze na krátkou dobu (řádově minuty až hodiny). Jsou vyráběny převážně z plastů, pryže, dřeva a podobných materiálů. Jedná se o výkonné systémy s bolestivými účinky i na částech těla chráněných silnějším oděvem. Střely se vyznačují vysokou zastavovací schopností s rychlou ztrátou energie. [2][12].



Obr. 33. Náboj s gumovou střelou 9 mm Rubber - výrobce Snail

6 Přehled balistických a konstrukčních charakteristik střeliva

Balistické a konstrukční charakteristiky definují rozměrové, tvarové a letové vlastnosti střely a také vhodnost použití náboje v dané zbraní.

6.1 Základní konstrukční charakteristiky

Základní konstrukční charakteristiky jsou ráže, ráže střely, hmotnost střely, součinitel tvaru střely, podélný moment setrvačnosti a příčný moment setrvačnosti.

6.1.1 Ráže

Ráže je identifikační charakteristika určitého druhu střeliva, určeného pro hlavní zbraň. Tato charakteristika se skládá z údajů, které specifikují ráži střely a konstrukci náboje (např. 9 x 19, 9 - ráže střely v mm, 19 - délka nábojnice v mm)[2][7].

6.1.2 Ráže střely

Ráže střely je smluvní rozměrová charakteristika vnějšího povrchu střely, odvozená od rozměrů vývrtu hlavně zbraně, pro který je střela určena. Ráže přibližně odpovídá maximálnímu vnějšímu průměru střely, respektive průměru vodících částí, které zabezpečují vedení střely ve směru osy hlavně. Značí se buď v milimetrech nebo anglických palcích kdy údaj začíná desetinnou tečkou (9 mm, .45 ACP)[2][7].

6.1.3 Hmotnost střely

Hmotnost vyjadřuje míru setrvačných účinků hmoty při jejím pohybu. Hmotnost střely je určena jako součet hmotností všech částí, ze kterých je střela složena. Je označena symbolem m (z angličtiny - mass) a základní jednotkou je kilogram (značka kg)[54].

6.1.4 Součinitel tvaru střely

Součinitel tvaru střely je číselná hodnota definující tvar střely z pohledu jejich aerodynamických vlastností. Vyjadřuje kolikrát je větší odpor prostředí proti pohybu uvažované střely v poměru ke střele etalonové (srovnávací), která má součinitel 1. Je závislý jak na tvaru střely, tak na počáteční rychlosti střely a dalších parametrech. Lze jej zjistit např. experimentálním měřením (zkoumáním úbytku rychlosti střely na určité dráze). Je označen symbolem i a je bezrozměrný, tedy nemá základní jednotku[2][7].

6.1.5 Podélný a příčný moment setrvačnosti

Moment setrvačnosti je fyzikální veličina, která vyjadřuje míru setrvačnosti tělesa při otáčivém pohybu. Její velikost závisí na rozložení hmoty v tělese vzhledem k ose otáčení. Části tělesa s větší hmotností, umístěné dál od osy otáčení, mají větší moment setrvačnosti. Podélný a příčný moment setrvačnosti definuje míru setrvačnosti střely vztahenou k podélné a příčné ose střely. Je označen symbolem J a jednotkou je kilogram krát metr na druhou (značka $\text{kg}\cdot\text{m}^2$)[2][55]

6.2 Základní balistické charakteristiky

Ze základních rozměrových charakteristik zjistíme výpočtem základní balistické charakteristiky střely. Ty jsou poměrná hmotnost střely, průřezové zatížení střely a balistický koeficient střely.

6.2.1 Poměrná hmotnost střely C_q

Poměrná hmotnost střely C_q je definována jako poměr hmotnosti a třetí mocniny ráže střely. U běžných typů rotačních střel pro ruční zbraně se hodnota koeficientu pohybuje mezi $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ – $25 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Střelám pistolovým odpovídají menší hodnoty poměrné hmotnosti střely[2][7].

$$C_q = \frac{m_q}{d^3}$$

6.2.2 Průřezové zatížení střely C_p

Průřezové zatížení střely C_p ovlivňuje významným způsobem balistické poměry střely. Při pronikání vzduchem (materiálem cíle), který musí střela na své dráze překonat, je důležitá její síla vyvinutá na jednotku plochy. Čím větší energii na menší plochu dokáže vyvinout, tím snáze proniká materiálem. Tato formulace svádí k myšlence, že menší ráže střely je výhodnější. Avšak hmotnost roste s ráží rychleji než průřez střely a právě hmotnost střely je přímo úměrná její schopnosti setrvávat v pohybu (setrvačná energie). Průřezové zatížení střely tedy vyjadřuje, jak velký vliv bude mít aerodynamický odpor na střelu. Při vysoké hodnotě C_p střela snáze proniká vzduchem, má lepší letové vlastnosti a v cíli dominuje její schopnost pronikat překážkou. Naopak při nižší hodnotě C_p je střela více brzděna aerodynamickým odporem a v cíli dominuje její ranivý účinek. Střely s vysokým průřezovým zatížením si tedy déle zachovávají svojí rychlost a s tím spojené výhody. Běžně se hodnoty průřezového zatížení střely je definováno jako poměr čtyřnásobku hmotnosti střely a jejího příčného průřezu. Jeho hodnoty se běžně pohybují v rozmezí $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ - $20 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ [2][7].

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2}$$

6.2.3 Balistický koeficient střely c

Balistický koeficient střely c je kompletní charakteristikou letových vlastností střely (značí např. úbytek rychlosti střely na dráze). V balistickém koeficientu je obsažena informace o tvaru, průměru i hmotnosti střely. Nízká hodnota balistického koeficientu značí nízký odpor vzduchu proti pohybu střely, vyšší stabilitu a lepší letové vlastnosti střely, střela si udrží více energie a bude mít kratší dobu letu. Hodnoty balistického koeficientu, vztažené k zákonům odporu vzduchu, se běžně pohybují v rozmezí jednotek $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ až desítek $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ [2][7].

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3$$

6.3 Výpočet balistických charakteristik BPN

Při výpočtu se zaměřím pouze na letální bezolovnaté pistolové náboje (viz též BPN). Vzhledem k neochotě výrobců, kromě firmy Sellier a Bellot, a.s., reagovat na e-mailovou komunikaci, jsem údaje o jednotlivých nábojích čerpal z internetových stránek. Koeficienty tvarů střel jsou vypočteny z teorie plochých drah. Pro přehlednost řadím jednotlivé střely (různých výrobců a provedení) do kapitol podle ráže. Tento způsob řazení volím z důvodu přehlednosti.

6.3.1 Ráže 9 mm

V tabulce č. 1 jsou uvedeny náboje v ráži 9mm. Náboje číslo 1 a 2 mají střelu s cínovým jádrem potaženou tombakem. Náboje jsou v provedení SJSP (č. 1), což je označení pro poloplášťovou střelu s měkkou špičkou a v provedení JFP (č. 2), což je označení pro poloplášťovou střelu s plochou špičkou. Náboje číslo 3, 4, 5 a 6 mají homogenní celoměděnou střelu s otevřenou dutinou a podélnými zářezy v přední části. Díky tomu dosahují řízené expanze. Náboje jsou v provedení SCHP, což je označení pro celoměděné střely s expanzní dutinou. Náboj číslo 4 je v provedení se zvýšeným tlakem. Náboje číslo 7, 8, 9 a 10 v provedení FN jsou náboje se střelou s plochou špičkou. Patří do kategorie Frangible, tedy kategorie střel vyráběných lisováním s modifikovanou pevností. Poslední náboj, s číslem 11, má homogenní střelu z materiálu tombak (složení CuZn10). Zatím není dostupný na trhu. Náboje podobného složení vyrábí jako tréninkovou munici i jiní výrobci (např. Qualification Targets, Inc., USA). Od nich se nepodařilo získat hodnoty ústové rychlosti nebo počáteční energie střel a dále je proto neuvádím.

Číslo	Prodejní označení	Tvar střely	Hmotnost střely (g)	Rychlost střely (m/s)		Energie střely E0 (J)	Koef. tvaru střely	Výrobce
1	Tin Core	SJSP	6,5	v10=420	-	573	-	Fiocchi Munizioni SpA, S.U., Itálie
2	SC9NT	JSP	6,8	v0=365	v50=327	523	1,1807	Winchester Ammunition, Attn., USA
3	COP	SCHP	7,45	v0=342	-	440	-	RARE Ammo - JEK Incorporated, USA
4	COP + P	SCHP	7,45	v0=379	-	526	-	RARE Ammo - JEK Incorporated, USA
5	FD9A	SCHP	6	v0=405	v50=353	493	1,1424	Magtech Ammunition Company, Inc., USA
6	DPX09115	SCHP	7,45	v0=388	v50=346	563	1,2085	DPX - corbon.com Dakota Ammo, Inc., USA
7	BC9NT3	FN	6,48	v0=378	v46=327	462	1,5649	Federal Cartridge Company, USA
8	9SFNT	FN	6,48	v10=396	-	508	-	Fiocchi Munizioni SpA, S.U., Itálie
9	CM9	FN	5,5	v0=435	v46=346	613	1,8986	RWS RUAG Ammotec USA, Inc.
10	SF9 RHFP	FN	6,5	v0=425	v25=380	587	1,9775	Sellier a Bellot, a.s., Česká republika
11	TB	TB	6,5	v0=420	v50=330	573	2,2644	Sellier a Bellot, a.s., Česká republika

Tab. 1. Vybraná munice v ráži 9 mm

Střela č. 1

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,5}{0,9^3} = 8,91 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{26}{2,54} = 10,24 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 2

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,8}{0,9^3} = 9,33 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{27,2}{2,54} = 10,71 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,1807 \cdot 0,009^2}{0,0068} \cdot 10^3 = 14,06 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 3

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,45}{0,9^3} = 9,20 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{29,8}{2,54} = 11,73 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 4

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,45}{0,9^3} = 9,20 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{29,8}{2,54} = 11,73 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 5

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6}{0,9^3} = 8,23 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{24}{2,54} = 9,45 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,1424 \cdot 0,009^2}{0,006} \cdot 10^3 = 15,42 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 6

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,45}{0,9^3} = 9,20 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{29,8}{2,54} = 11,73 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,2085 \cdot 0,009^2}{0,00745} \cdot 10^3 = 13,14 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 7

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,48}{0,9^3} = 8,89 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{25,92}{2,54} = 10,20 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,5649 \cdot 0,009^2}{0,00648} \cdot 10^3 = 19,56 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 8

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,48}{0,9^3} = 8,89 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{25,92}{2,54} = 10,20 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 9

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{5,5}{0,9^3} = 7,54 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{22}{2,54} = 8,66 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,8986 \cdot 0,009^2}{0,0055} \cdot 10^3 = 27,96 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 10

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,5}{0,9^3} = 8,91 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{26}{2,54} = 10,24 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,9775 \cdot 0,009^2}{0,0065} \cdot 10^3 = 24,64 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 11

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,5}{0,9^3} = 8,91 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{26}{2,54} = 10,24 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{2,2644 \cdot 0,009^2}{0,0065} \cdot 10^3 = 28,22 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

6.3.2 Ráže .45

V tabulce č.2 jsou uvedeny náboje v ráži .45. Náboj číslo 12 (.45 Auto) má střelu s cínovým jádrem potaženou tombakem. Náboj je v provedení JSP, což je označení pro poloplášťovou střelu s měkkou špičkou. Náboje číslo 13 (.45 ACP), 14 (.45 ACP), 15 (.45 Auto) a 16 (.45 ACP + P se zvýšeným tlakem) mají homogenní celoměděnou střelu s otevřenou dutinou a podélnými zářezy v přední části. Díky tomu dosahují řízené expanze. Náboje jsou v provedení SCHP, což je označení pro střely z jednoho kusu mědi s dutinou. Náboje číslo 17 (.45 Auto), 18 (.45 ACP) a 19 (.45 ACP) v provedení FN jsou náboje se střelou s plochou špičkou. Patří do kategorie Frangible, tedy kategorie střel vyráběných lisováním s modifikovanou pevností.

Číslo	Prodejní označení	Tvar střely	Hmotnost střely (g)	Rychlost střely (m/s)		Energie střely E0 (J)	Výrobce
12	SC45NT	JSP	11,02	v0=320	v25=309	563	Winchester Ammunition, Attn., USA
13	COP	SCHP	10,37	v0=317	-	527	RARE Ammo - JEK Incorporated, USA
14	COP	SCHP	11,99	v0=323	-	624	RARE Ammo - JEK Incorporated, USA
15	FD45A	SCHP	10,69	v0=305	v50=312	497	Magtech Ammunition Company, Inc., USA
16	A45TACXP	SCHP	10,37	v0=320	-	531	Wilson Combat, Inc., USA
17	BC45CT1	FN	10,04	v0=344	v46=307	595	Federal Cartridge Company, USA
18	CM45	FN	9,39	v0=353	v46=303	504	RWS RUAG Ammotec USA, Inc.
19	GM45155	FN	10,04	v0=322	-	519	SBR, LLC., USA

Tab. 2. Vybraná munice v ráži .45

$$0.45 \text{ " } = 1,143 \text{ cm}$$

Střela č. 12

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{11,02}{1,143^3} = 7,38 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{44,08}{4,10} = 10,75 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,2284 \cdot 0,01143^2}{0,01102} \cdot 10^3 = 14,56 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 13

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,37}{1,143^3} = 6,94 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{41,48}{4,10} = 10,12 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 14

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{11,99}{1,143^3} = 8,03 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{47,96}{4,10} = 11,70 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 15

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,69}{1,143^3} = 7,16 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{42,76}{4,10} = 10,43 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,2376 \cdot 0,01143^2}{0,01069} \cdot 10^3 = 15,13 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 16

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,37}{1,143^3} = 6,94 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{41,48}{4,10} = 10,12 \text{ g.cm}^{-2}$$

Střela č. 17

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,04}{1,143^3} = 6,72 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{40,16}{4,10} = 9,80 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,5948 \cdot 0,01143^2}{0,01004} \cdot 10^3 = 20,75 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 18

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{9,39}{1,143^3} = 6,29 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{37,56}{4,10} = 9,16 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,8986 \cdot 0,01143^2}{0,00939} \cdot 10^3 = 26,42 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 19

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,04}{1,143^3} = 6,72 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{40,16}{4,10} = 9,80 \text{ g.cm}^{-2}$$

6.3.3 Ráže .40

V tabulce č. 3 jsou uvedeny náboje v ráži .40 S&W. Náboj číslo 20 má střelu s cínovým jádrem potaženou tombakem. Náboj je v provedení JSP, což je označení pro poloplašťovou střelu s měkkou špičkou. Náboj číslo 21 má homogenní celoměděnou střelu s otevřenou dutinou a podélnými zářezy v přední části. Díky tomu dosahují řízené expanze. Náboj je v provedení SCHP, což je označení pro střely z jednoho kusu mědi s dutinou. Náboje číslo 22, 23 a 24 v provedení FN jsou náboje se střelou s plochou špičkou. Patří do kategorie Frangible, tedy kategorie střel vyráběných lisováním s modifikovanou pevností.

Číslo	Prodejní označení	Tvar střely	Hmotnost střely (g)	Rychlost střely (m/s)		Energie střely E0 (J)	Výrobce
20	SC40NT	JSP	9,07	v0=352	v50=317	563	Winchester Ammunition, Attn., USA
21	FD40A	SCHP	8,42	v0=363	v50=336	555	Magtech Ammunition Company, Inc., USA
22	BC40CT1	FN	8,1	v0=396	v46=330	635	Federal Cartridge Company, USA
23	CM40	FN	7,45	v0=384	v46=320	549	RWS - RUAG Ammotec GmbH, Německo
24	GM40125	FN	8,1	v0=350	-	498	SBR, LLC., USA

Tab. 3. Vybraná munice v ráži .40 S&W

$$0.40" = 1,016 \text{ cm}$$

Střela č. 20

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{9,07}{1,016^3} = 8,65 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{36,28}{3,24} = 11,20 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,1394 \cdot 0,01016^2}{0,00907} \cdot 10^3 = 12,97 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 21

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{8,42}{1,016^3} = 8,03 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{33,68}{3,24} = 10,40 \text{ g.cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,2562 \cdot 0,01016^2}{0,00842} \cdot 10^3 = 15,40 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 22

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{8,1}{1,016^3} = 7,72 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{32,4}{3,24} = 10,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,9386 \cdot 0,01016^2}{0,0081} \cdot 10^3 = 24,71 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 23

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,45}{1,016^3} = 7,10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{29,8}{3,24} = 9,20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 = \frac{1,9021 \cdot 0,01016^2}{0,00745} \cdot 10^3 = 26,36 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Střela č. 24

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{8,1}{1,016^3} = 7,72 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{32,4}{3,24} = 10,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$$

6.3.4 Srovnání výsledků

Na hodnotách vypočtených balistických koeficientů, uvedených v tabulce č. 4, je viditelné, jak tvarově podobné střely mají i velmi podobný balistický koeficient. Dále je zřejmé, že střely s plochou špičkou mají vyšší hodnoty balistického koeficientu než střely se špičkou kulatou. Střely s kulatou špičkou mají tedy lepší letové vlastnosti a snáze pronikají vzduchem.

Číslo	Prodejní označení	Tvar střely	Hmotnost střely (g)	Rychlost střely (m/s)	Energie střely E0 (J)	Balistický koeficient c (m2/kg)	Výrobce
2	SC9NT	JSP	6,8	v0=365	523	14,06	Winchester Ammunition, Attn., USA
12	SC45NT	JSP	11,02	v0=320	563	14,56	Winchester Ammunition, Attn., USA
20	SC40NT	JSP	9,07	v0=352	563	12,97	Winchester Ammunition, Attn., USA
5	FD9A	SCHP	6	v0=405	493	15,42	Magtech Ammunition Company, Inc., USA
6	DPX09115	SCHP	7,45	v0=388	563	13,14	DPX - corbon.com Dakota Ammo, Inc., USA
15	FD45A	SCHP	10,69	v0=305	497	15,13	Magtech Ammunition Company, Inc., USA
21	FD40A	SCHP	8,42	v0=363	555	15,4	Magtech Ammunition Company, Inc., USA
7	BC9NT3	FN	6,48	v0=378	462	19,56	Federal Cartridge Company, USA
9	CM9	FN	5,5	v0=435	613	27,96	RWS RUAG Ammotec USA, Inc.
10	SF9 RHFP	FN	6,5	v0=425	587	24,64	Sellier a Bellot, a.s., Česká Republika
17	BC45CT1	FN	10,04	v0=344	595	20,75	Federal Cartridge Company, USA
18	CM45	FN	9,39	v0=353	504	26,42	RWS RUAG Ammotec USA, Inc.
22	BC40CT1	FN	8,1	v0=396	635	24,71	Federal Cartridge Company, USA
23	CM40	FN	7,45	v0=384	549	26,36	RWS - RUAG Ammotec GmbH, Německo
11	TB	TB	6,5	v0=420	573	28,22	Sellier a Bellot, a.s., Česká Republika

Tab. 4. Srovnání balistických koeficientů

7 Návrh kritéria a vzájemné srovnání BPN

Ekologický náboj je ten, který při výrobě, manipulaci a použití (tj. při výstřelu a dopadu do cíle), neuvolňuje nebo nevytváří toxické látky a sloučeniny.

7.1 Návrh kritéria pro hodnocení ekologických vlastností BPN

Ekologické vlastnosti bezolovnatého pistolového střeliva jsou dány vlastnostmi jednotlivých materiálů, ze kterých jsou vyrobeny. Pokud si rozdělím náboj na výrobní části, můžu je začít jednotlivě hodnotit. Na základě těchto dílčích hodnocení ohodnotím náboj jako celek.

7.1.1 Zápalka

V současné době jsou v nábojích převážně dva typy zápalkových složí. Olovnaté slože Nerez nebo netoxické slože na bázi dinolu s označením NON-TOX. Pouze výjimečně se objevují staré náboje se složí na bázi třaskavé rtuti. Pro tyto tři případy je stanovení kritéria jednoznačné. Slože na bázi rtuti 0% ekologické, olovnaté nerez slože 20% - 30% ekologické a NON-TOX slože 100% ekologické.

7.1.2 Prachová náplň

Oba typy, používaných bezdýmných nitrocelulózových a nitroglycerinových prachů, nejsou z pohledu ekologie zátěží, neovlivní tedy celkový výsledek a nebudou hodnoceny.

7.1.3 Střela

Střely jsou, z hlediska množství použitých materiálů, rozmanité. Navrhované kritérium by mělo zhodnotit, do jaké míry jsou jednotlivé materiály jedovaté a jak je snadné se jimi otrávit. Prudce jedovatý materiál, který se neuvolňuje do okolí, je méně nebezpečný než mírně jedovatý materiál, který se do okolního prostředí uvolňuje velmi snadno a intenzivně.

Hodnoty, jak je který materiál jedovatý nebo nebezpečný, zjistím z přílohy č. 1 nařízení vlády č. 361/2007 v části nejvyšší povolené koncentrace látek v pracovním prostředí (NPK-P), které jsou uvedeny v mg.m^{-3} [23]. Z toho je zřejmé, že látky s vyšší hodnotou maximální koncentrace jsou méně nebezpečné než látky s hodnotou nižší. Látky bez uvedené hodnoty riziko nepředstavují.

Schopnost materiálu, uvolňovat se do okolí, posoudím v následujících bodech:

Otěr – tedy schopnost materiálu ulpívat při manipulaci na rukou a dalších předmětech. Toto kritérium posoudím na základě koeficientů upravujících Mohsovu stupnici tvrdosti. Materiál, který zanechá rýhu ve skle, má tvrdost vyšší než pět. Sklo má prakticky nulový otěr, proto budu posuzovat rozsah tvrdosti pouze od 0 do 5.

Rozdělením stupnice na rovnoměrné díly vznikne následující hodnocení.

Rozsah tvrdosti	0 – 1,75	koeficient k_t	0,5	dochází k otěru
Rozsah tvrdosti	1,76 – 3,45	koeficient k_t	1	může dojít k otěru
Rozsah tvrdosti	3,46 – 5	koeficient k_t	1,5	k otěru nedochází

Pro srovnání uvádím: nehet má tvrdost 1,5-2, mince 3,4-4, kapesní nůž přibližně 5[56][57].

Odpařování – tedy schopnost materiálu uvolňovat se do ovzduší ve formě par. Tuto vlastnost zhodnotím koeficientem, posuzujícím teploty varu jednotlivých materiálů, porovnaných s teplotou hoření bezdýmných prachů. Ta se pohybuje v rozmezí 2800 °C – 3000 °C. U materiálů, s teplotou varu v tomto rozpětí, může dojít k odpaření, ale není možné jednoznačně stanovit, že bylo teploty dosaženo i na stěně posuzovaného materiálu.

Teplota varu	0 °C – 2800 °C	koeficient k_v	0,5	dochází k odpařování
Teplota varu	2801 °C – 3000 °C	koeficient k_v	1	může dojít k odpařování
Teplota varu	3001 °C – 6000 °C	koeficient k_v	1,5	k odpaření nedochází

Oxidace za vzniku toxinu – v tomto bodě se zaměřuji na reakci materiálu s vodní a vzdušnou vlhkostí a případný vznik jedovatých sloučenin. U této nově vzniklé sloučeniny posuzuji do jaké míry je jedovatá, v jakém množství se vytváří a jak se dále uvolňuje do okolního prostředí. Tuto skutečnost opět hodnotím koeficientem.

Koeficient oxidace k_o	0,5	dochází ke vzniku jedovaté sloučeniny, která se silně šíří
Koeficient oxidace k_o	1	dochází ke vzniku jedovaté sloučeniny, která se nešíří
Koeficient oxidace k_o	1,5	nedochází ke vzniku jedovaté sloučeniny

Odbouratelnost nebo využitelnost látky v organismech a ekosystémech – tento bod se snaží zhodnotit míru zátěže látky pro organismus.

Koeficient odbouratelnosti k_i 0,5 organismy se látky zbavují pomalu nebo vůbec

Koeficient odbouratelnosti k_i 1 látka se odbourává snadno

Koeficient odbouratelnosti k_i 1,5 organismy látku samy spotřebují nebo je inertní

Karcinogen – zde hodnotím dlouhodobý vliv látky na organismus a jeho napomáhání rakovinnému bujení.

Koeficient k_k 0,5 látka je karcinogenní

Koeficient k_k 1 látka může být karcinogenní nebo není možné ověřit

Koeficient k_k 1,5 látka není karcinogenní

7.1.4 Nábojnice

Nábojnice jsou vyrobeny většinou z mosazi (slitina mědi a zinku) nebo výjimečně z oceli (železo + uhlík). Na oba tyto materiály použiji kritérium hodnocení střel.

7.2 Aplikace kritéria hodnocení BPN

Nejprve si sestavím kritérium pro jednotlivé látky, které budu následně aplikovat na konkrétní střely.

Antimon je látka obsažená v malém množství v olovu olověných střel.

Hodnota NPK - P: 1,5 mg.m⁻³

Tvrdost podle Mohse: 3 koeficient otěru k_t : 1

Bod varu: 1640 °C koeficient odpařování k_v : 0,5

Možný vznik jedovatého oxidu antimonitého, který se ale špatně šíří do okolního prostředí. Koeficient k_o : 1

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu je špatná a látka představuje pro org.zátěž. Koeficient k_i : 0,5

Karcinogen: není možné prokázat. Koeficient k_k : 1

Cín používá se jako jádro střel.

Hodnota NPK - P : 4 mg.m⁻³

Tvrdost podle Mohse: 1,8 koeficient otěru k_t : 1

Bod varu: 2602 °C koeficient odpařování k_v : 0,5

Vznik netoxického oxidu cínu, který se špatně šíří do okolního prostředí.

Koeficient k_o : 1,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: látka nepředstavuje pro organismus zátěž. Koeficient k_i : 1

Karcinogen: je zdravotně nezávadný. Koeficient k_k : 1,5

Měď je materiál na výrobu střel.

Hodnota NPK - P pro prach: 2 mg.m⁻³

Tvrdost podle Mohse: 3 koeficient otěru k_t : 1

Bod varu: 2562 °C koeficient odpařování k_v : 1

Měď velmi dobře vede teplo, z toho důvodu nedojde k dostatečnému ohřátí povrchu za bod varu, proto byl zvolen vyšší koeficient.

Vznik jedovaté měďenky, která se ale nešíří do okolního prostředí.

Koeficient k_o : 1

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: v malém množství nezbytná.

Koeficient k_i : 1

Karcinogen: není karcinogenní Koeficient k_k : 1,5

Olovo používá se jako jádra střel.

Hodnota NPK - P: 0,2 mg.m⁻³

Tvrdost podle Mohse: 1,5 koeficient otěru k_t : 0,5

Bod varu: 1749 °C koeficient odpařování k_v : 0,5

Vznik jedovatých sloučenin s šířením do okolního prostředí.

Koeficient k_o : 0,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: velmi špatná.

Koeficient k_i : 0,5

Karcinogen: je karcinogenní Koeficient k_k : 0,5

Uhlík je v malém množství obsažen v oceli.

Hodnota NPK - P: není stanoveno

Tvrdost podle Mohse: 1,5 koeficient otěru k_t : 0,5

Bod varu: 4027 °C koeficient odpařování k_v : 1,5

Nevznikají jedovaté sloučeniny. Koeficient k_o : 1,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: základní prvek všech organismů.

Koeficient k_i : 1,5

Karcinogen: není karcinogenní Koeficient k_k : 1,5

Wolfram používá se k výrobě průbojných jader.

Hodnota NPK - P: není stanoveno

Tvrdost podle Mohse: více než 5 koeficient otěru k_t : 1,5

Bod varu: 5555 °C koeficient odpařování k_v : 1,5

Nevznikají jedovaté sloučeniny. Koeficient k_o : 1,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: využití v enzymatickém systému v malém množství. Koeficient k_i : 1

Karcinogen: není karcinogenní Koeficient k_k : 1,5

Zinek je v malém množství obsažen v mosazi (tombak).

Hodnota NPK - P: není stanoveno

Tvrdost podle Mohse: 2,5 koeficient otěru k_t : 1

Bod varu: 907 °C koeficient odpařování k_v : 0,5

Vzniká jedovatý oxid zinečnatý, který se špatně šíří.

Koeficient k_o : 1

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: v malém množství nezbytný.

Koeficient k_i : 1

Karcinogen: není karcinogenní Koeficient k_k : 1,5

Železo je obsaženo v oceli.

Hodnota NPK - P: není stanoveno

Tvrdost podle Mohse: 4,5 koeficient otěru k_t : 1,5

Bod varu: 2861 °C koeficient odpařování k_v : 1

Nevznikají jedovaté sloučeniny. Koeficient k_o : 1,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: v malém množství nezbytné.

Koeficient k_i : 1,5

Karcinogen: není karcinogenní

Koeficient k_k : 1,5

Ocel je slitina železa s maximálně 2,11% uhlíku. Hodnoty pro železo budou odpovídat hodnotám uhlíku.

Hodnota NPK - P: není stanoveno

Tvrdost podle Mohse: více než 5 koeficient otěru k_t : 1,5

Bod varu: 3070 °C koeficient odpařování k_v : 1,5

Nevznikají jedovaté sloučeniny. Koeficient k_o : 1,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: základní prvek všech organismů.

Koeficient k_i : 1,5

Karcinogen: není karcinogenní

Koeficient k_k : 1,5

Tombak je slitina mědi s obsahem 10 % - 20 % zinku.

Hodnota NPK - P: není stanoveno

Tvrdost podle Mohse: 3,5 koeficient otěru k_t : 1,5

Bod varu: nezjištěn koeficient odpařování k_v : 1

Z důvodu většinového podílu mědi, jako dobrého vodiče tepla, stanovují neutrální koeficient.

Nevznikají jedovaté sloučeniny. Koeficient k_o : 1,5

Odbouratelnost a využitelnost látky v organismu: nezatěžuje organismus

Koeficient k_i : 1

Karcinogen: není karcinogenní

Koeficient k_k : 1,5

7.3 Výpočet navržených hodnot

Každá látka má tabulkově stanovenou určitou hodnotu NPK – P. Tuto hodnotu budu koeficienty dále zvyšovat nebo snižovat podle vzorce

$$E_k = \text{NPK-P} \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_o \cdot k_i \cdot k_k,$$

kde E_k je míra ekologičnosti a k zastupuje jednotlivé koeficienty. Čím nižší hodnotu látka získá, tím představuje vyšší ekologické riziko.

U látek, které nemají hodnotu NPK – P stanovenou, budu pro potřeby výpočtu uvažovat pětinasobek nejvyšší hodnoty v tabulce, tedy $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Jedná se o uhlík, wolfram, zinek, železo a ocel. Pro slitinu tombak použiju hodnotu pro měď ($2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$), tedy hodnotu látky s převažujícím podílem ve slitině.

Pro přehlednost uvádím výpočet v tabulce č. 5.

	Antimon	Cín	Měď pevná	Měď prášek	Olovo	Uhlík	Wolfram	Zinek	Železo	OCEL	TOMBAK
NPK-P	1,5	4	2	2	0,2	10	10	10	10	10	2
kt	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1,5	1	1,5	1,5	1
kv	0,5	1	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	1	1	1,5
ko	1	1,5	1	0,5	1	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1
ki	0,5	1	1	1	0,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1
kk	1	1,5	1,5	1,5	5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ek	0,375	9	4,5	1,125	0,125	25,313	75,9375	7,5	50,625	50,625	4,5

Tab. 5. výpočet hodnoty E_k

7.4 Aplikace výsledků

Průbojné střely

Při aplikaci kritéria na používané pistolové střely vychází jednoznačně nejlépe tvrdá jádra průbojných střel z oceli a wolframu, které nepředstavují žádné ohrožení ekologie nebo zdraví.

Střely s cínovým jádrem

Pro cín vychází nejvyšší hodnota v oblasti kvantitativně hodnotitelných materiálů s reálným NPK - P. Střela je plátovaná tombakem s poměrně vysokým číslem E_k a nepředstavuje pro ekologii podstatné ohrožení

Střely celoměděné nebo tombakové

Jsou v pořadí ekologičnosti na třetím místě se shodnou hodnotou $E_k = 4,5$ a jejich použití nepředstavuje pro ekologii větší ohrožení.

Střely Frangible

Díky jejich rozpadu na úroveň prášku je nezbytné přehodnotit zvolené koeficienty. K první změně dochází u koeficientu k_t na hodnotu 0,5. Důvodem je snazší ulpívání drobných částic na povrchu rukou nebo předmětů podobně jako u materiálu s vyšším otěrem. Druhá změna proběhla u koeficientu k_o a to na hodnotu 0,5. Důvodem je větší povrchová plocha práškového materiálu a tím i větší množství měďenky, vzniklé oxidací. Toto větší množství se snáze uvolňuje do okolí a představuje nebezpečí, zvláště pro vodní organismy. Po korekci koeficientu vychází pro měděné střely Frangible hodnota $E_k = 1,125$. To považuji za číslo velmi blízké hranici, od které jsou již střely ekologicky závadné.

Střely celoolověné nebo olověné plátované tombakem

Z hlediska ekologie je tombak neškodný. Problematická bude olověná část střel, jak ostatně ukazuje hodnota E_k . U olověných střel je nižší než 0,1 a to je rozhodně alarmující.

8 Závěr

Olovo je velmi nebezpečný a toxický materiál. Pro ekologii představuje problém, kvůli jeho kumulativní schopnosti. Celosvětová snaha, o snížení produkce a kontaminace olovem, zaznamenala úspěch už při přechodu na bezolovnatý benzín. Pro zbrojní průmysl představuje olovo levný materiál s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Při pokusech nahradit olovo jiným materiálem, naráželi výrobci na vysokou cenu nebo na nevyhovující mechanické vlastnosti náhradních materiálů. Tyto problémy se daří zvládat různými kompromisy.

V řadě států už platí zákaz používání klasického olovnatého střeliva pro lov. Další státy se postupně připojují. Problém olova je medializován a je s ním seznámena i široká veřejnost. To vytváří tlak na výrobce. Ti jsou nuceni do svého výrobního programu ekologickou nebo též „zelenou“ munici zařadit. Protože jsou nové typy střel patentově chráněny, pracují někteří výrobci také na vývoji vlastních, nových typů střel. Tím se otevírají možnosti využití dalších potenciálních materiálů a to nakonec umožní postupně vytlačit olovnatou municí.

9 Seznam použité literatury a zdrojů:

Literatura:

[6] BEER, Stanislav. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní: (vnitřní balistika LSOZ)*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 117 s. ISBN 97880248102252007.

[2] KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006, 131 s. ISBN 978-802-4812-540.

[7] KOMENDA, Jan, Roman VÍTEK a Martin RYDLO. *Vnější balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006, 139 s. ISBN 97880248102702007.

Články z novin a časopisů

[17] JANDOVÁ, Iva. Problematika toxicity malorážového střeliva. *Ekomonitor. Firemní časopis* [online]. 2008, **2008**(2), 10-12 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.ekomonitor.cz/publikace/firemni-casopisy/2008-2>

[49] JANDOVÁ, Iva a Václav SVACHOUČEK. Problematika toxicity malorážového střeliva (2). *Ekomonitor. Firemní časopis* [online]. 2008, **2008**(3), 10-11 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.ekomonitor.cz/publikace/firemni-casopisy/2008-3>

[53] Olovem otrávení zajíci. *Českobudějovický deník* [online]. 20.10.2011(neuvedeno) [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://ceskobudejovicky.denik.cz/zpravy_region/olovem-otraveni-zajici20111020.html

Zdroje s uvedením autora

[28] ADAMÍK. Nontox náboje. *E-Zbrane* [online]. neuvedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.e-zbrane.sk/index.php/strelivo/108-nontox-naboje>

[37] DVOŘÁK, M., J. KADLEC, V. HRUBÝ a J. MACHÁČ. *VLIV VZDUŠNÉ OXIDACE NA VLASTNOSTI OCELOVÝCH PLECHŮ S POVLAKEM Sn* [online]. 2007 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <https://appl.vojenskaskola.cz/Guarantee/Pages/PDF/ShowPublikaceDPB.aspx?ID=797f2f62-2c08-4a52-bccf-d119b104b320>

[1] KLINGHARDT, D., P. KANE. TĚŽKÉ KOVY A JEJICH VYLUČOVÁNÍ. *SÍLA PRO ŽIVOT* [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://sila-pro-zivot.cz/clanky/tezke-kovy-vylucovani.html>

[13] KOMENDA, Jan. Ultrafrangible - novodobé Dum-Dum ?? *Ruce vzhuru* [online]. 14.12.2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.rucevzhuru.cz/index.php/technika/224-ultrafrangible-novodobe-dum-dum.html>

[15] NICHOLAS. Ukraine To Ease Restrictions On Guns [online]. 14.12.2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://news.kievukraine.info/2009/02/ukraine-to-ease-restrictions-on-guns.html>

[50] ŠTEFÁNEK, Jiří. Otrava olovem. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK* [online]. 2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.stefajir.cz/?q=otrava-olovem>

[20] URBANSKI. Polotavitelné a netavitelné trhavin. *Jergym.hiedu.cz* [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/urbanski/u1+3/ch3c_11.html

Zdroje

[29] Antimon. PISKAČ, Pavel a Vilém ČERMÁK. *Ekotoxikologická databáze* [online]. 1996-2004 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.piskac.cz/ETD/Default.htm>

[30] Antimon. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Antimon>

[46] Bismut. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bizmut>

[35] Cín. PISKAČ, Pavel a Vilém ČERMÁK. *Ekotoxikologická databáze* [online]. 1996-2004 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.piskac.cz/ETD/Default.htm>

[36] Cín. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADn>

[23] Česká republika. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. In: č. 361/2007 Sb. 12. prosince 2007. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-361-2007-sb-kterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-pri-praci>

[25] Dusičnan barnatý. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Dusi%C4%8Dnan_barnat%C3%BD

[21] Fulminát rtuťnatý. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99askav%C3%A1_rtu%C5%A5

[31] Hemocyanin. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hemocyanin>

[54] Hmotnost. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hmotnost>

[19] Chlorečnan draselný. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlore%C4%8Dnan_drasel%C3%BD

[48] Legování olověných střel. *Olovo* [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://kvzdrnovice.sweb.cz/olovo.htm>

[32] Měď. PISKAČ, Pavel a Vilém ČERMÁK. *Ekotoxikologická databáze* [online]. 1996-2004 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.piskac.cz/ETD/Default.htm>

[33] Měď. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9B%C4%8F>

[34] Měď a její sloučeniny. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Integrovaný registr znečišťování: CENIA* [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/med_a_jeji_slouceniny.pdf

[57] Mohsova stupnice tvrdosti. In: *Converter* [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/tvrdost-mohs.htm>

- [56] Mohsova stupnice tvrdosti. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Mohsova_stupnice_tvrlosti
- [55] Moment setrvačnosti. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Moment_setrva%C4%8Dnosti
- [3] Náboj (zbraň). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1boj_%28zbra%C5%88%29
- [4] Nauka o zbraních. *Zbraně kvalitně: Nezávislý web o zbraních, zbrojním průkazu, sebeobraně i sportovní střelbě*. [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-zbranich>
- [14] Non-toxic frangible bullet [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.patentstorm.us/patents/5852858/description.html>
- [45] Ocel. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ocel>
- [51] Olovo. PISKAČ, Pavel a Vilém ČERMÁK. *Ekotoxikologická databáze* [online]. 1996-2004 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.piskac.cz/ETD/Default.htm>
- [58] Olovo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Olovo>
- [52] Olovo a jeho sloučeniny. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Integrovaný registr znečišťování: CENIA* [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/olovo_a_jeho_slouceniny.pdf
- [24] Oxid olovičitý. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_olovi%C4%8Dit%C3%BD
- [11] Pistolové a revolverové střely. Sellier&Bellot, a.s. [online]. nevedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.sellier-bellot.cz/cesky/pistolove-a-revolverove-strely.php>

- [47] Platina. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Platina>
- [5] Projektil. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Projektil>
- [22] Rtuť. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rtu%C5%A5>
- [16] Santa Claus brings rubber bullets, tear gas, and arrests [online]. neuvěeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://palsolidarity.org/2010/12/santa-clause-brings-rubber-bullets-tear-gas-and-arrests/>
- [18] Sulfid antimonitý. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Sulfid_antimonit%C3%BD
- [12] Terminální balistika. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Termin%C3%A1ln%C3%AD_balistika
- [26] Tetrazen. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tetrazen>
- [41] Tombak. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tombak>
- [27] Tricinát. *Vševěd* [online]. 2011 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://encyklopedie.vseved.cz/tricin%C3%A1t>
- [10] Účinek střel na člověk a zvíř. *Balistika* [online]. neuvěeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://balistika.wu.cz/nacloveka.html>
- [9] Účinek střel na tuhé materiály. *Balistika* [online]. neuvěeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://balistika.wu.cz/materialy.html>

[44] Uhlík. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADk>

[8] Vnější balistika II.Díl. *Odstřelovač* [online]. neuvedeno [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: http://odstrelovac.wz.cz/index_soubory/Page2489.htm

[42] Wolfram. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Wolfram>

[39] Zinek. PISKAČ, Pavel a Vilém ČERMÁK. *Ekotoxikologická databáze* [online]. 1996-2004 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.piskac.cz/ETD/Default.htm>

[40] Zinek. WEIS. *Zdravá výživa* [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.volny.cz/weis/zinek.htm>

[5] Železo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezo>

10 Seznam zkratek a termínů

Berdan	zápalka se středovým zápalem bez vlastní kovadlinky
Boxer	zápalka se středovým zápalem s vlastní kovadlinkou
BPN	bezolovnaté pistolové náboje
Nc	jednosložkový bezdýmný prach, kde základní složkou je nitrocelulóza
Ng	dvousložkový bezdýmný prach se dvěma složkami, nitrocelulózou a nitroglycerinem
NPK-P	nejvyšší povolené koncentrace látek v pracovním prostředí, kterým nesmí být zaměstnanec vystaven (NV č. 361/2007 Sb.
SJSP	poloplášťová střela s měkkou špičkou
JSP	poloplášťová střela s měkkou špičkou
JFP	poloplášťová střela s plochou špičkou
SCHP	celoměděná střela s nekrytou expanzní dutinou
FN	střela s plochou špičkou
FMJ	celoplášťová střela, kromě dna střely
TFMJ	celoplášťová střela, kryté je i dno střely
TB	cvičná střela (training bullet)

11 Přílohy

Příloha č.1 [23]

Vybrané přípustné expoziční limity (PEL) a nejvyšší přípustné koncentrace (NPK-P) chemických látek v ovzduší pracovišť dle tabulky č.1 NAŘÍZENÍ VLÁDY 361/2007 Sb.					
Látka	číslo CAS	PEL	NPK-P	Poznámky	Faktor přepočtu na ppm
		mg.m ⁻³			
Antimon a jeho sloučeniny jako Sn	7440-36-0	0,5	1,5		
Berylium a jeho sloučeniny jako Be	7440-41-07	0,001	0,002	I,S,P	
Cín anorganické sloučeniny, jako Sn		2	4	D	
Chrom a jeho sloučeniny		0,5	1,5	I	
Chlorid zinečnatý	7646-85-7	1	2		
Kadmium a jeho sloučeniny, jako Cd	7440-43-9	0,05	0,1	D	
Kobalt a jeho sloučeniny, jako Co	7440-48-4	0,05	0,1	S	
Kyselina pikrová	88-89-1	0,1	0,5	D	
Mangan	7439-96-5	1	2		
Měď (prach)	7440-50-8	1	2		
Měď (dýmy)	7440-50-8	0,1	0,2		
Molybden	7439-98-7	5	25		
Nikl	7440-02-0	0,5	1	S	
Nikotin	54-11-5	0,5	2,5	D	0,151
Olovo	7439-92-1	0,05	0,2	P*	
Olovo anorganické sloučeniny, jako Pb		0,05	0,2	P*	
Oxid antimonitý (jako Sb)	1309-64-4	0,1	0,2		
Oxid zinečnatý, jako Zn	1314-13-2	2	5		
Platina (kov)	4.6.7440	0,5	1		
Rtuť	7439-97-6	0,05	0,15	D,P	0,122
Stříbro	7440-22-4	0,1	0,3		
Vanad (prach)	7440-62-2	0,05	0,15		
Vysvětlivky k tabulce:					
Kolona 2: číslo CAS - registrační číslo látky používané v Chemical Abstracts					
Kolona 5:					
D - při expozici se významně uplatňuje pronikání látky kůží					
S - látka má senzibilizační účinek					
P - u látky nelze vyloučit závažné pozdní účinky					
P* - pro hodnocení expozice je rozhodující výsledek vyšetření plumbaeemie					
Kolona 6:					
Faktor přepočtu z údaje v mg.m-3 na údaj ppm platí za podmínky teploty 25 °C a tlaku 100 kPa.					

Legování olověných střel.

Tvrdotost olověných střel, je zásadním parametrem určujícím přesnost střelby při vyšších ústřevných rychlostech.

OLOVO (Pb) CÍN (Sn) ANTIMON (Sb) TVRDOST HB

100%	0%	0%	4
90%	10%	0%	10
80%	20%	0%	12
70%	30%	0%	15
60%	40%	0%	16
90%	0%	10%	17
90%	5%	5%	16
83%	5%	12%	22
63%	5%	28%	30
92%	2%	6%	16
49%	49%	2%	13,5
88%	8%	4%	17
80%	12%	8%	24

Seznam kontaktovaných výrobců pistolového střeliva

Anglie

ELEY <http://www.eley.co.uk/en/ammunition/>

Česká republika

Sellier&Bellot, a.s. <http://www.sellier-bellot.cz/cesky/>

Snail, Družstvo <http://www.snailteam.cz/>

Itálie

Fiocchi Munizioni <http://www.fiocchigfl.it/site/index.php>

North West Bullets <http://www.northwestbullets.com/shop/>

Republic of South Africa

Denel PMP <http://www.pmp.co.za/index.php?page=products>

Rusko

Barnaul <http://www.barnaul.co.nz/>

RosoboronExport <http://www.rue.ru>

Srbsko

Prvi Partizan <http://www.prvipartizan.com/pistol.php>

USA

Barnes Bullets	http://www.barnesbullets.com/
Federal Ammo	http://www.federalpremium.com/products.aspx
Magtech Ammo	http://www.magtechammunition.com/sitepages/pid59.php
Ruag	http://www.ruag.com/Ammotec/Ammotec_Home
Remington	http://www.remington.com/
SBR	http://www.sbrammunition.com/
Speer Bullet	http://www.speer-bullets.com/products/default.aspx
Winchester Ammo	http://www.winchester.com/